Aus dem Zahnärztlichen Institut der Universität Tübingen
Direktor: Professor Dr. Dr. Eugen Fröhlich

Breitenmessungen von Wurzelzement und Pulpa in gesunden und parodontal erkrankten Gebissen

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
ERICH SPECHT
aus Kassel

1964

7966

Aus dem Zahnärztlichen Institut der Universität Tübingen
Direktor: Professor Dr. Dr. Eugen Fröhlich

Breitenmessungen von Wurzelzement und Pulpa in gesunden und parodontal erkrankten Gebissen

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
ERICH SPECHT
aus Kassel

1964

Dekan: Prof. Dr. H. HARMS

Referent: Prof. Dr. Dr. E. FRÖHLICH

Fotodruck PRÄZIS • Tübingen

Der Studienhilfe des deutschen Volkes

in Dankbarkeit gewidmet

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547602_0067

Inhaltsverzeichnis

		Seite
I.	Einleitung und Problemstellung	1
II.	Literatur	2
III.	Material und Methodik	14
	A. Material	14
	B. Methodik	21
	Vorversuche	21
	Gewinnung der Serienschnitte	22
	Vermessung	25
IV.	Ergebnisse	27
	Tabellen der Meßergebnisse	27
	Graphische Darstellung der Meßergebnisse	53
	Beschreibung eines typischen Einzelfalles	59
	Auswertung der Meßergebnisse	60
	A. Breitenunterschiede am Wurzelzementmantel der Frontzähne	60
	B. Die Wurzelzementbreiten der Frontzähne	66
	C. Die Abhängigkeit der Breite des Wurzelzementes von der Zahngröße	70
	D. Die Wurzelzementbreiten in gesunden und parodontal erkrankten Gebissen	72
	E. Die Pulpabreiten der Frontzähne	79
	F. Die Pulpabreiten in gesunden und parodontal erkrankten Gebissen	81
V.	Diskussion der Ergebnisse	84
	A. Zu den Breitenunterschieden am Wurzelzementmantel der Frontzähne	84
	B. Zu den Zementbreiten der Frontzähne	95
	C. Zur Abhängigkeit der Breite des Wurzelzementes von der Zahngröße	96
	D. Zu den Wurzelzementbreiten in gesunden und parodontal erkrankten Gebissen	97

Seite

E. Zu den Pulpabreiten der Frontzähne 101

F. Zu den Pulpabreiten in gesunden und parodontal erkrankten Gebissen 102

VI. Zusammenfassung 104

VII. Schrifttum 109

I. Einleitung und Problemstellung

Ziel dieser Arbeit ist es, einen Beitrag zur Auswirkung parodontaler Erkrankungen auf die Wurzelzementapposition zu liefern.

In zweiter Linie soll festgestellt werden, ob bei parodontalen Erkrankungen die Sekundärdentinbildung beeinflußt wird.

Im Rahmen dieser Untersuchungen bietet sich die Möglichkeit, Aussagen über die Anatomie und Physiologie des Wurzelzementmantels zu machen.

Diese Untersuchungen werden mittels vergleichender mikroskopischer Messungen von Zement- und Pulpabreiten bei Zähnen aus parodontal gesunden Gebissen und aus Gebissen mit progressiver marginaler Parodontitis durchgeführt. Solche Messungen sollen auch an Zähnen aus parodontal insuffizienten und parodontal resistenten Gebissen vorgenommen werden.

II. Literatur

Das 1767 von TENON an Pferdezähnen entdeckte Wurzelzement hat unter den Hartsubstanzen des Zahnes stets die geringste Beachtung gefunden. Dem Parodontologen erscheint das Zement durch sein relativ indifferentes Verhalten nicht sehr vielversprechend für seine Forschung.

Erst durch die Arbeiten der Wiener Schule unter B. GOTTLIEB und der sich antipodisch zu den Konzeptionen B. GOTTLIEB's stellenden Innsbrucker Schule (W. BAUER) kam die Zementforschung in Schwung.

SHMAMINE hatte zwar schon 1910 eine den damaligen histologischen Kenntnissen entsprechende Nomenklatur des Zementes veröffentlicht, die heute zum Teil noch verwendet wird. Es bestanden auch einzelne Beiträge zur Zementforschung, jedoch nur als Nebenbefunde in anderen Zielen zugewandten Arbeiten. -

Nach B. GOTTLIEB (16) ist das Zement eine Hartsubstanz, welche streng vom Knochengewebe zu unterscheiden ist, da am Zement ständige Apposition stattfindet und Resorptionen als unphysiologisch anzusehen sind. Im Gegensatz dazu stehen beim Knochengewebe Appositions- und Resorptionsvorgänge in ständigem Wechselspiel und Gleichgewicht.

Die Breite des Zementmantels nimmt daher unter physiologischen Umständen während des ganzen Lebens zu.

Das Zementgewebe unterscheidet sich auch dadurch wesentlich vom Knochen, daß es auf mechanische Beanspruchung, wie Druck und Zug, anders reagiere als das Knochengewebe.

B. GOTTLIEB (13) hält das Zement, "Schutzzement ", wie er es manchmal nennt, für ein Gewebe, welches, sofern es mit hoher "Vitalität" ausgestattet ist, die Ausstoßung des Zahnes verhindern kann. Früher Zahnverlust ist seiner Meinung nach auf eine mangelnde oder fehlende Vitalität des Wurzelzementes zurückzuführen. -

In B. GOTTLIEB's Arbeiten ist häufig die Rede von verschiedenen Gebißtypen (12, 15, 16). Gestützt auf histologische Befunde an menschlichen Gebissen sowie auf tierexperimentelle Untersuchungen, zusammen mit B. ORBAN (38), kommt GOTTLIEB zu dem Schluß, daß es konstitutionell bedingte oder erworbene Unterschiede in der Reaktionsfähigkeit der Gebisse auf exogene oder endogene Reize gibt: "Die gleiche Art und der gleiche Grad normaler oder abnormaler Belastung wird von verschiedenen Gebißtypen verschieden beantwortet" (15).

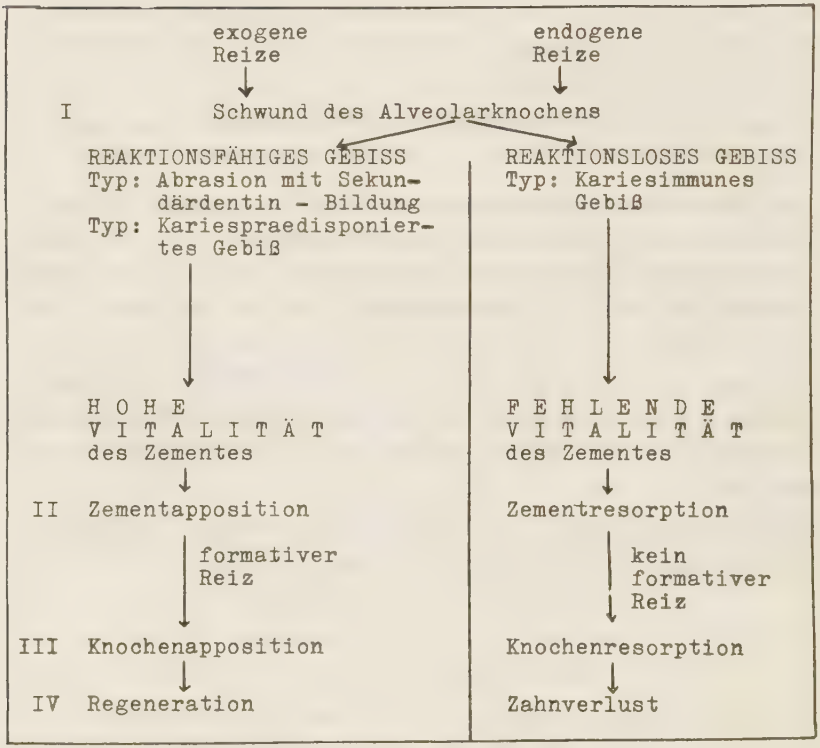
Diese Feststellung wurde von den zahlreichen wissenschaftlichen Gegnern GOTTLIEB's bestätigt.

Sehr umstritten ist dagegen GOTTLIEB's Auslegung dieses Phänomens: Eine hohe Vitalität des Zementes ist den reaktionsfähigen, "wehrhaften" Gebißtypen eigen, eine mangelnde oder fehlende Vitalität ist das Zeichen des reaktionslosen Gebisses.

Die Vitalität des Zementes ist für B. GOTTLIEB also das entscheidende Kriterium für die unterschiedliche Reaktionsfähigkeit verschiedener Gebißtypen auf exogene und endogene Reize.

Das folgende Schema soll darlegen, wie sich B. GOTTLIEB die Wirkung der Zementvitalität vorstellt:

Die Zementvitalitätstheorie von GOTTLIEB, vereinfacht und schematisch dargestellt:



Zu einer Zementapposition kommt es nach GOTTLIEB erst nach einem durch verschiedene Schädlichkeiten hervorgerufenen Schwund des Alveolarknochens unter Verbreiterung des Periodontalspaltes. Zement mit hoher Vitalität beantwortet diese Noxe zum Schutz und zur Erhaltung des Zahnes mit Zementhyperplasie. Diese verschmälert nicht nur den Periodontalspalt auf die Norm, sie regt auch als "vita-

le Funktion" des Alveolarfortsatzes diesen zur Knochenbildung an.

Auch am einzelnen Zahn findet B. GOTTLIEB (12, 16) eine unterschiedliche Reaktionsfähigkeit: Vom Apex bis zur Cervikalgegend der Zahnwurzel nimmt die Vitalität des Zementes ab. Da in der Cervikalgegend dazuhin noch entzündliche Erscheinungen des Gingivalrandes einwirken, ist dort nur eine sehr geringe Zementapposition möglich. Der "formative Reiz" des Zementes reicht dort nicht mehr aus, eine Reparation des geschwundenen Limbus alveolaris herbeizuführen. So entsteht nach B. GOTTLIEB bei geringer Vitalität des cervikalen Zementmantels die "Randatrophie", als Zeichen einer dort verringerten Reaktionsfähigkeit.

Diese Erscheinung tritt auch bei durchaus als "reaktionsfähig" zu bezeichnenden Gebissen auf. Da aber der ganze restliche Zementmantel noch seine "Vitalität" besitzt, manifestieren sich keine weiteren Schäden im Parodontium.

Ist jedoch die "Vitalität" des gesamten Wurzelzementes vermindert, so kommt es zum Bild der "diffusen Atrophie". Im Alter nimmt die "Vitalität" und damit die Reaktionsfähigkeit des gesamten Gebisses ab (15).

Auffallend ist, welch geringe Bedeutung B. GOTTLIEB der funktionellen Einwirkung (Kaudruck) als Reiz zur Zementbildung beimißt. Lediglich Zementhyperplasien, welche als spitze Auswüchse in der Zugrichtung periodontaler Faserbündel imponieren, sind seiner Ansicht nach direkt auf funktionellen Reiz hin entstanden. Er fand solche Gebilde in 2 von 150 Fällen (12, 15).

Die Zementvitalitätstheorie, von B. GOTTLIEB oft mit teleologischen Argumenten vorgebracht und verteidigt, traf auf den scharfen Widerstand insbesondere von W. BAUER, K. HÄUPL, F. LANG und H. EULER.

Im Prinzip fügen sich die Konzeptionen dieser Forscher in Bezug auf die Biologie des Zementes zwanglos aneinander.

W. BAUER (2, 3, 4) kommt bei seinen Untersuchungen zu dem Schluß, daß die Vitalität des Zementes für An- und Abbauvorgänge ohne Bedeutung ist. Er weist auf die Verhältnisse am Knochen hin, in den ohne weiteres selbst gekochte und mazerierte Knochenstückchen einheilen und zu scheinbar integrierenden Bestandteilen des Knochens werden können. Die Funktion ist für W. BAUER der Hauptanreiz zur Bildung des Wurzelzementes. Er ist aber mit B. GOTTLIEB darüber einig, daß dabei auch "eine gewisse Disposition des Gewebes, mag diese nun angeboren oder erworben sein, eine beachtliche Rolle spielt."

W. BAUER tritt für eine "genetische, morphologische und biologische Gleichheit von Knochen und Zement ein.

Auch die anderen Untersucher, welche vorzugsweise funktionelle Reize als ursächlich für An- und Abbau des Zementgewebes annehmen, sind der Meinung, daß das Zement zumindest eine dem Knochen sehr ähnliche Substanz ist.

Diese Einstellung macht es möglich, auf zahlreiche Arbeiten zurückzugreifen, welche sich mit der Einwirkung funktioneller Reize auf den Knochen befassen.

Das Knochengewebe ist für solche Untersuchungen sehr geeignet, wie schon J. WOLF 1868 in seinem Transformationsgesetz gezeigt hat. Dieses Gesetz beweist die Abhängigkeit der Knochenstruktur von der Funktion.

Auf die Frage der formalen Genese des An- und Abbaues von Geweben gibt ROUX 1895 in seiner "Entwicklungsmechanik der Organismen" die Antwort:

Fehlt die Funktion, so fehlt den Zellen der stimulierende Reiz, ihren Erhaltungsstoffwechsel zu sichern; es überwiegt der Abbau. Andererseits regt die Funktion in Form intermittierender Reize die Zellen zu erhöhtem Stoffwechsel und damit zu anabiotischen Reaktionen an; Anbauprozesse überwiegen. -

Auf dieser Grundlage bauten K. HÄUPL (19, 20) und F. LANG ihre betont funktionell-mechanisch ausgerichteten Theo-

rien über die Biologie der parodontalen Gewebe im allgemeinen und des Zementes im besonderen auf: Die Funktion formt und erhält das Parodontium.

Diese Betrachtungsweise bringt es mit sich, den Zahn als zweiarmigen Hebel anzusehen. A.M. SCHWARZ (44) konnte mittels Modellversuchen darlegen, daß sich der Drehpunkt einwurzeliger Zähne etwas unterhalb der Mitte der klinischen Wurzel befindet (und nicht, wie K. HÄUPL zunächst annahm, in Höhe des marginalen Alveolenrandes). Bei mehrwurzeligen Zähnen nimmt A.M. SCHWARZ den Drehpunkt etwa in der Mitte des Septum intraalveolare an. -

Neueste Untersuchungen von M. HOFMANN und R. DIEMER (22, 23) bestätigen in Bezug auf einwurzelige Zähne die Befunde von A.M. SCHWARZ: Mit Hilfe einesspeziellen Pulsabnehmers konnte gezeigt werden, daß sich der Zahn pulssynchron in seiner Alveole bewegt. Um die Lage der Drehachse zu bestimmen, legte man zwei Pulsabnehmer der Zahnkrone so an, daß der eine mehr okklusal, der andere mehr cervikal die Schwingungen der Zahnkrone registrieren kann. Aus den unterschiedlichen Amplituden der mit den beiden Pulsabnehmern gewonnenen Pulskurven kann dann die Lage der Drehachse errechnet werden. - Nach K. HÄUPL ist die größte Zementdicke dort zu erwarten, wo die stärksten intermittierenden Reize auftreten, d.h. an der Wurzelspitze. In der Nähe des Drehpunktes herrscht funktionell gesehen Ruhe, dort sei auch die Zementdicke relativ gering.

R. KRONFELD (30, 31) und E. KELLNER (25, 26) machen im Sinne der Wiener Schule schwerwiegende Einwände gegen diese Hypothese. Sie beobachten auch dort, wo nur geringe, oder keine funktionellen Reize auftreten, nämlich an antagonistenlosen, retinierten und noch nicht durchgebrochenen Zähnen jene spezifische Formung des Zementmantels, welche K. HÄUPL und F. LANG als funktionell bedingt ansehen. E. KELLNER (25) konnte zeigen, daß entsprechende Zähne im selben Gebiß, sofern sie "funktionieren", einen dünneren Zementmantel aufweisen, als wenn sie antagonistenlos sind.

R. KRONFELD (30) erklärt diese Erscheinung folgendermaßen: Im Bereich der Bifurkation und der Wurzelspitze kommt es sehr früh zu einer Verbreiterung des Periodontalraumes durch Heraussteigen des Zahnes und wohl hauptsächlich durch den von den Sharpey'schen Fasern vermittelten Zugreiz zu einer reparatorischen Zementapposition. In den seitlichen Partien ist der Zug ebenfalls vorhanden, dort aber ist er schwächer als am Apex und an der Bifurkation.

J. REICHBORN-KJENNERUD (41, 42), ein Schüler HÄUPL's, hat eine andere Deutung: Die frühe Zementbildung, die kurze Zeit nach der Wurzelbildung anfängt, wird bald wegen der guten Platzverhältnisse während des Wachstums und des Durchbruchs der Zähne aktiviert. Ebenso geschieht es bei antagonistenlosen Zähnen. Die Zementapposition an belasteten Zähnen führt er auf die Funktion zurück.

Die wachstumsfördernde Wirkung des herabgesetzten Gewebsdruckes ist von VOLKMANN am Knochen festgestellt worden.- In neuester Zeit ist es E.G. GEPPERT und K.H. MÜLLER (11) gelungen, bei sorgfältig ausgewähltem Untersuchungsmaterial nachzuweisen, daß funktionelle Reize von entscheidender Bedeutung sind für die Zementbreite wie für die typische "sanduhrartige" (J. REICHBORN) Formung des Zementmantels. Die beiden Autoren unterteilen nach JACCARD und GROSJEAN das Wurzelzement in eine

äußere Halteschicht (Faserschicht)
Ausgleichsschicht (Zellschicht)
innere Halteschicht (Zapfenschicht).

Vergleichende Messungen dieser Schichten an Canini und Incisivi ergaben, daß die Zementbreite in einer mathematisch ausdrückbaren Relation zur Kaudruckbelastung steht. Damit ist eine dem J. WOLFF'schen Knochentransformationsgesetz vergleichbare Gesetzmäßigkeit für das Wurzelzement festgestellt worden.

So reagiert das Zement nach der heutigen Auffassung wie Knochengewebe. Neuesten Arbeiten zufolge (M. KIRSCH (28, 29) ist das Zement auch histologisch gesehen ein echtes Knochengewebe.

Es soll an dieser Stelle noch einmal auf die Befunde von M. HOFMANN und R. DIEMER (22, 23) hingewiesen werden, wonach der Zahn in seiner Alveole pulssynchrone Schwingungen ausführt. Die Schwingungen der Frontzähne in vestibulo-oraler Richtung geben in allen Einzelheiten den Kurvenverlauf eines herznahen arteriellen Volumenpulses wieder. Der Frontzahn bewegt sich dabei um eine Drehachse etwas unterhalb der klinischen Wurzelmitte.

Es ist durchaus denkbar, daß das morphologische Substrat der dauernden pulssynchronen Zahnbewegung jene "Sanduhrform" des Wurzelzementmantels ist, von der oben gesprochen wurde. So gesehen lassen sich auch die Befunde von R. KRONFELD (30, 31) und E. KELLNER (25, 26) erklären, welche diese Formung des Wurzelzementmantels auch an nicht "funktionierenden" Zähnen beobachten konnten.

Zementapposition auf Grund von Einwirkungen nicht funktioneller Art:

Außer funktionellen Einwirkungen kennen wir heute eine Reihe anderer Faktoren, welche eine gesteigerte Zementapposition verursachen können:

Zementapposition, hervorgerufen durch Entzündungserscheinungen im Bereich des Parodonts, seien sie von der Pulpa ausgehend (odontogen) oder vom Parodontium (parodontogen). Es könnte sich hierbei um einen proliferativen Vorgang handeln, wie er für chronische Entzündungen charakteristisch ist. J. REICHBORN (41) glaubt eher an einen kompensatorischen Vorgang: Da ein Teil des Parodonts durch entzündlich bedingte Fibrolyse ausgefallen ist, hypertrophiert kompensatorisch das Restparodont.

Reparatorische Zementapposition (H. EULER, W. MEYER (7), O. MÜLLER (36), J. REICHBORN (41):Bei günstigen Platzverhältnissen im Periodontalspalt soll durch Zementapposition die Periodontalspaltbreite auf die Norm gebracht werden. So beim antagonistenlosen Zahn (E. KELLNER (25)) und beim durchbrechenden Zahn (R. KRONFELD (30)).

A.G. GUSTAFSON und P. PERSON (18) folgern aus den Ergebnissen ihrer polarisationsmikroskopischen Untersuchungen, daß es zu einer Zementapposition bei jeder dauernden Lageveränderung des Zahnes kommt. Erfahren nämlich die Sharpey'schen Fasern beim Eintritt in das Zement eine Biegung, so werden sie in ihrer Struktur geschädigt. Es scheint, daß die periodontalen Fasern ohne Biegung durch Zement, Periodont und Knochen laufen müssen, wenn sie funktionstüchtig bleiben sollen. Neugebildete Fasern benötigen zu ihrer Insertion am Zahn eine zusätzliche Zementapposition. Daher die kontinuierliche Zementapposition während des ganzen Lebens (H.A. ZANDER (47)), die neugebildeten periodontalen Fasern, welche als Ersatz zugrunde gegangener Sharpey'scher Fasern gebildet werden, den notwendigen Halt am Zahn geben (D.A. KERR (27)).

Unter Umständen liegt den geschilderten lokalen Ursachen, welche zu einer Zementapposition führen können, samt und sonders der von A.G. GUSTAFSON und P. PERSON geschilderte Vorgang zugrunde.

Außer den lokalen Ursachen können auch allgemeine Erkrankungen zu einer verstärkten Zementapposition führen:

Zementapposition, hervorgerufen durch hormonale Störungen: Bei der Akromegalie führt die vermehrte STH-Bildung zu Zementhyperplasien. Auch bei Thyreotoxikose treten Zementhyperplasien auf (nach K. PAPE (39)).

Zementhyperplasien auf Grund von Herderkrankungen scheint es auch zu geben. KISSMAUL fand bei 85-90 % der Rheumakranken Hyperzementosen. Nach BIAGGI treten sie auch bei chronischer Colitis, Ischias und Adnexitis auf (nach K. PAPE (39)).

Bei Knochenerkrankungen wie der renalen Osteomalacie und der Osteodystrophia deformans findet man ebenfalls eine verstärkte Zementapposition (A. WEINBERGER (46)).

Auch bei Intoxikation kann es zu einer Zementhyperplasie kommen, so bei der chronischen Fluorvergiftung (Darmous-Krankheit). Die dabei auftretende Osteosklerose

geht mit einer Hyperzementose einher (nach K. PAPE (37)).

Die von B. GOTTLIEB angeregte Zementforschung hat also zu einer großen Zahl von Ergebnissen geführt. Es scheint jedoch, daß eine Anregung B. GOTTLIEB's noch zu wenig greifbaren Ergebnissen geführt hat. Gemeint ist die von ihm vorgenommene Unterscheidung zwischen "reaktionsfähigen", nicht zur Alveolarpyorrhoe neigenden Gebissen und solchen Gebissen, welche der Alveolarpyorrhoe anheimfallen und von B. GOTTLIEB als "reaktionslos" bezeichnet werden. Ein wesentliches Symptom der "reaktionsfähigen" Gebisse soll eine intensivere Zementapposition sein.

Zu diesem Problem sind einige Arbeiten erschienen, ihre Ergebnisse sind jedoch sehr widersprüchlich:

D. ANTONIOTTI (1) findet bei abgekauten Zähnen ohne andere Läsionen einen geringeren Prozentsatz von Zementhyperplasien als bei abgekauten Zähnen mit Alveolarpyorrhoe.

A.J- DEMASIO (5) dagegen sieht bei nicht alveolarpyorrhoischen Zähnen mehr sekundäres Zement als bei alveolarpyorrhoischen.

E.L. HINRICHSEN (21) wiederum findet im Abrasionsgebiß geringere Zementbreiten als im Parodontosegebiß und W. PRAEGER (40) stellt bei einem Fall von Parodontalpyorrhoe starke Zementneubildungen fest.

Eventuell sind die unterschiedlichen Ergebnisse darauf zurückzuführen, daß der Faktor Alter nicht berücksichtigt wurde. Ist doch, wie H.A. ZANDER (47) zeigte, der Zementmantel beim 57-jährigen normalerweise dreimal so dick wie beim 17-jährigen.

H.A. ZANDER kam zusammen mit B. HÜRZELER (24), unter Berücksichtigung des Alters, in diesem Problem zu folgendem Ergebnis: Die Zementdicke bei parodontal erkrankten Zähnen beträgt nur etwa zwei Drittel der bei parodontal gesunden Zähnen gemessenen Zementdicke.

Ein den klinischen Erfordernissen angepaßtes System, verschiedene Gebißtypen in Bezug auf ihre Disposition zu pa-

rodontalen Erkrankungen zu unterscheiden, wurde von E. FRÖHLICH (8, 9, 10) angegeben. Er unterscheidet das parodontal resistente vom parodontal insuffizienten Gebiß. Das parodontal resistente Gebiß reagiert auf jede Änderung der funktionellen Inanspruchnahme mit konstruktivem Umbau, der zu einer neuen stabilen Gleichgewichtslage führt. Das parodontal insuffiziente Gebiß ist durch mangelnde Anpassungsfähigkeit gekennzeichnet. Die geänderte funktionell-mechanische Inanspruchnahme führt hier zu progressiven Umbauprozessen, bei denen der Abbau überwiegt.

Es liegt auf der Hand, daß die Diagnose des Gebißtyps von entscheidender Bedeutung ist, nicht nur für Therapie und Prognose der Parodontopathien, sondern auch für die prothetische Planung.

Diese Arbeit soll einen Beitrag zu dem Problem der Auswirkung parodontaler Erkrankungen auf die Zementapposition liefern. Die stark unterschiedlichen Ergebnisse früherer Untersucher zeigen, daß hier noch keine Klarheit herrscht.

Weiter soll das Verhalten des Wurzelzementes im insuffizienten und im resistenten Gebiß untersucht werden. Während nämlich durch die Arbeiten von E. FRÖHLICH (8) das Verhalten von Alveolarknochen und Periodont in diesem Zusammenhang weitgehend bekannt ist, ist dies beim Zement noch nicht in dem Maße der Fall.

Schließlich werden Messungen der Pulpabreite durchgeführt. Die Sekundärdentinbildung soll als Indikator der Verhaltensweise der Pulpa bei Bestehen einer parodontalen Erkrankung betrachtet werden.

Da Parodont und Endodont zusammen das sind, was S. GRÄFF (17) als Odonton bezeichnet, nämlich eine organisch-funktionelle Einheit, ist es durchaus möglich, daß auch die Pulpa bei Bestehen einer parodontalen Erkrankung in Mitleidenschaft gezogen wird.

Man könnte infolgedessen auch annehmen, daß eine Insuffizienz des Parodonts mit einer Insuffizienz des Endodonts gekoppelt ist.

III. Material und Methodik

A. Material

Als Material für diese Untersuchung dienten 77 obere und untere Frontzähne von 41 Individuen.

Die Untersuchungsobjekte stammen aus der Stomatologischen Abteilung des Hôpital Civil in Reims, Frankreich.

Man beschränkte sich auf Incisivi und Canini, da diese Zähne einwurzelig sind und unter etwa gleichen funktionellen Einwirkungen stehen. Es wurde von der Annahme ausgegangen, daß infolge annähernd gleicher Form und Funktion dieser Zähne ein Vergleich der Zement- bzw. Pulpabreiten eher möglich sei. Wahllose Verwendung aller Zähne zum Zweck der Zementbreitenmessung führt, wie die Arbeit von O. LESKIEN (33), zeigt, nicht zum Ziel.

Vor der Zahnextraktion sind bei jedem Individuum eine Reihe von Untersuchungen angestellt worden, deren Ziel es vor allem war, festzustellen, ob zur Zeit der Extraktion ein parodontal resistentes, ein parodontal insuffizientes Gebiß,oder eine Zwischenstufe vorlag und welche parodontale Erkrankung bestand.

Zu diesem Zweck wurde ein Befundblatt entworfen. Es beginnt mit dem "allgemeinen Befund": Alter, Geschlecht, Ernährungs- und Kräftezustand.

Dem folgt der "Befund der Mundhöhle": Kompletter Zahnstatus mit Zahnfleischtaschen-Messung, Lockerungsgraden der Zähne (ARPA), freiliegenden Zahnhälsen in Millimetern und Vitalitätsprobe der zur Extraktion vorgesehenen Zähne. Die Vitalitätsprobe konnte aus äußeren Gründen nur mit einem chloräthylgetränkten Wattebausch durchgeführt werden.

Eingedenk der von B. GOTTLIEB angegebenen Gebißtypen wurden auch Abrasion von Kariesanfälligkeit in den Befund aufgenommen.

Marginale Schwundvorgänge, marginale Entzündungen und der Verlauf des Zahnfleischrandes werden notiert.

"Pathogene Faktoren", nach O. WESKI in lokale, funktionelle und interne Faktoren unterteilt, wurden festgestellt und schließlich die bestehende Parodontopathie diagnostiziert. Mit Hilfe der von E. FRÖHLICH angegebenen Symptomatologie stellte man anschließend die Diagnose:

Resistenz,
relative Resistenz,
Indifferenz,
relative Insuffizienz
oder Insuffizienz des Parodonts.

Diese Unterteilung wurde gewählt, da die Begriffe Resistenz bzw. Insuffizienz des Parodontiums extrem polare Typen kennzeichnen, welche selten zu diagnostizieren sind (H.D. MÄRTTERER (34)).

Die Mehrzahl der Individuen liegt irgendwo zwischen diesen Extremen. Um auch die Zwischenstufen zu erfassen, wurde die Tendenz der Individuen zum einen oder zum anderen Extrem mit dem Zusatz "relativ ..." angezeigt.

Schließlich wird eine Skizze der vor der Extraktion bestehenden Lageverhältnisse der Frontzähne untereinander angefertigt, damit später die funktionellen Einwirkungen rekonstruiert werden können.

In jedem Fall sind mindestens zwei Röntgenbilder der zu extrahierenden Zähne gemacht worden: Eines davon in der üblichen Technik, der ganze Zahn wird sichtbar, ein zweites Röntgenbild mittels der Paralleltechnik hergestellt, soll den marginalen Limbus alveolaris so wiedergeben, daß eventuell vorhandene Knochenabbauvorgänge diagnostiziert werden können.

Dieser Röntgenbefund soll die getroffene Diagnose stützen, außerdem gibt er später Auskunft über die genaue Lage der extrahierten Zähne im Kiefer.

Alle diese Untersuchungen sind vor der Extraktion durchgeführt worden.

Nach der Extraktion werden die Zähne bis zur weiteren Verarbeitung in 4 %igem Formalin aufbewahrt.

Das Befundblatt:

Laufende Nummer: 17

Allgemeiner Befund:

Alter: 61
Geschlecht: ♂
EZ u. KZ : gut

Mundhöhle:

Zahnstatus:

| | | |

Marginale Schwundvorgänge: vorhanden +

a) generalisiert +

b) an einzelnen Zähnen

fehlen

Marginale Entzündung: erkennbar +

a) generalisiert +

b) an einzelnen Zähnen

nicht erkennbar

Verlauf des Zahnfleischrandes: normal + oedematös

girlandenförmig

Fehlen der Interdentalpapillen

generalisiert +

an einzelnen Parodontien

Pathogene Faktoren:

I, Lokale Faktoren: Zahnstein ++

Konkremente ++

Iatrogene Reizfaktoren

II, Funktionalle Faktoren: Primär bestehende Stellungsanomalien

welche prognathe Stellung der oberen Front

Überbiß in mm 7 mm

Artikulationsstörung +

Okklusionsstörung +

Verlust der Stützzone

Parafunktionen:

Schliffacetten +

Diastemabildung +

Impressionen,
Hyperkeratosen,
fibromatöse Wucherungen an
Zunge, Lippe oder Wange

abnorme Abrasionen +

Protrusion der oberen Front +

Parafunktionen? ja (?)

III, Anhaltspunkte für innere Faktoren: Rheumatismus

Diagnose: Parodontitis marginalis superficialis

Parodontitis marginalis progressiva +

Alveolaratrophie +

Parodontitis marginalis progressiva rareficiens

Parodontitis marginalis progressiva postulcerosa

Profunde Parodontitis Stadium I

Stadium II

Sonstiges

Befunde am Lückengebiß:

Lücken: Wanderung der Nachbarzähne +

Kippung +

Seitenabbau +

Antagonistenlose Zähne: normale Okklusion

Supraokklusion ++ obere Front

Klinische Krone verlängert +

Klinische Krone nicht verlängert

-4-

Zahnlose Kieferabschnitte:
- Schwundprozesse am Alveolarknochen +
- Schleimhaut am Knochen fixiert
- geringe Hyperplasie der Schleimhaut +
- Schlotterkamm, Lappenfibromatose, traubenförmige Hyperplasien

Prothesenträger
Art der Prothese: entfällt

Gingival getragene Prothese:
- sinkt ab
- sinkt nicht ab
- Klammerzahn locker
- Klammerzahn fest

Bei Vernachlässigung der Parodontalhygiene
- Gingivitis
- Progressive marginale Parodontitis

Ausgedehnte Brückenkonstruktionen Anhängerbrücken u.dergl.:
- vorhanden
- fehlen
- regressive Veränderungen an den Ankerzähnen
- keine pathologischen Veränderungen an den Ankerzähnen

Diagnose:
- Resistenz des Parodontiums
- relativ resistentes Parodontium
- indifferent
- relativ insuffizientes Parodontium
- Insuffizienz des Parodontiums +

B. Methodik

Um eine gute Übersicht über das Ausmaß der Wurzelzementapposition entlang der Zahnwurzel zu bekommen, erscheint eine Methode angebracht, welche es erlaubt, den Zementmantel eines Zahnes in jeder beliebigen Höhe der Zahnwurzel in oral-vestibulärer wie in mesio-distaler Richtung zu vermessen.

Ein Maß für die Sekundärdentinanlagerung wird am einfachsten durch Bestimmung der Pulpadurchmesser in oral-vestibulärer wie in mesio-distaler Richtung in bestimmten Abständen entlang der Pulpahöhle gewonnen.

Vorversuche

Die histologische Methode erwies sich als zu umständlich, nicht nur, weil es sich um eine relativ große Zahl von Zähnen handelt; bei vielen von den angefertigten horizontalen Serienschnitten löste sich das Zement vom Dentin während des Schneidens ab, oder das Präparat wurde aus anderen Gründen unbrauchbar. Sehr leicht kommen z.B. Verwechselungen in Orientierung und Lagerung der Serienschnitte vor.

Versucht man horizontale Serienschliffe mit einem Zahnschliffgerät herzustellen, so muß immer wieder der Verlust von Einzelschliffen in Kauf genommen werden. Die Schliffdicke ist nur schwer konstant zu halten. Anschliffe herzustellen ist ebenfalls langwierig; mit Hilfe eines Schleifsteines wird der in ein Autopolymerisat eingeschlossene Zahn von apikal nach cervikal stufenweise abgeschliffen. Jeder einzelne Anschliff muß aber, bevor er unter dem Mikroskop vermessen werden kann, aus der Spannvorrichtung genommen und mit Schiffschem Reagenz angefärbt werden.

Bei Anwendung der Aufhellungsmethode von HESS und KELLER, welche sich bei der Darstellung des Wurzelkanalsystems bewährt hat, wird zwar der Zementmantel des in ein

Tetralinmedium gebrachten Zahnes sichtbar, doch sind exakte Breitenmessungen des Zementes, insbesondere, wenn die Zementschicht nur schmal angelegt ist, nicht möglich.

Gewinnung der Serienschnitte

Der dem Formalin entnommene Zahn wird von den Resten der Wurzelhaut, von Zahnstein und Konkrementen befreit. Man sucht dabei, den Zementmantel möglichst wenig zu schädigen. Schwer zu entfernende Konkremente können belassen werden, da eine Unterscheidung vom Zement später unter dem Mikroskop durchaus möglich ist.

Der Zahn wird dann mittels Klebewachs auf ein Metallplättchen so aufgebracht, daß die Zahnachse senkrecht zur Metallplatte steht und die Zahnkrone die Platte berührt. Beim Aufkleben wird darauf geachtet, daß der Zahn so orientiert wird, daß seine orale und mesiale Seite den Markierungen "O" bzw. "M" auf der Platte zugewandt sind. Nun wird eine mit Tesafilm ausgekleidete rechteckige Papperöhre von einer etwas größeren Länge als der des Zahnes über den Zahn gebracht und ebenfalls festgeklebt. Sie dient als Form für das nun einzubringende Autopolymerisat. Der Tesafilm im Inneren der Pappehülle ist ein Isolationsmittel. Als Autopolymerisat ist "Palavit-M" verwendet worden. Es dient dem Halt des Präparates, es verhindert das Absplittern des Zementes während des Schneidens und ist nach dem Schneiden etwa das, was die Glimmerplatte in der histologischen Technik ist; ein provisorischer Objektträger, der in diesem Falle sogar beschriftet werden kann.

Ist die Polymerisation abgeschlossen, nimmt man die als Form dienende Pappe ab. Das Präparat ist nun in einen kanariengelben Kunststoffblock eingeschlossen. Das Metallplättchen, auf dem dieser Block befestigt ist, wird nun auf eine einfache Vorrichtung aufgeschraubt, welche es erlaubt, am unentkalkten Zahn Schnitte jeder beliebigen Dicke bis herab zu 0,25 mm herzustellen.

Zur Herstellung der Vorrichtung wurde ein Metallbaukasten

und ein Mikrometer der Firma MAUSER mit einer Spindelsteigung von 0,5 mm verwendet.

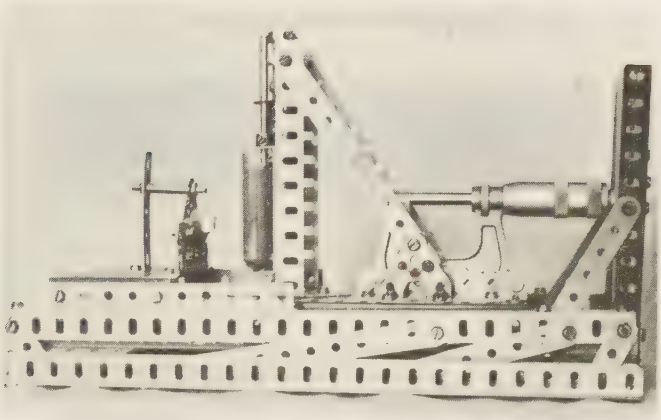


Abb. 1: Vorrichtung zum Herstellen von Serienschnitten nicht entkalkter Zähne

Die Mikrometerschraube schiebt einen beweglichen Schlitten in Richtung auf das eingebettete Objekt, welches dem festen Teil der Vorrichtung aufgeschraubt ist.

Auf dem beweglichen Schlitten sind zwei senkrechte Glasröhren montiert, welche als Schnittebene dienen, denn ihnen entlang wird von Hand eine Metallsäge geführt, welche das Untersuchungsobjekt in Scheiben beliebiger Dicke schneidet. Der Vorschub des Schlittens entspricht der Schnittdicke und wird an der Mikrometerschraube eingestellt. Die Glasröhren empfehlen sich als Schnittebene, da sie der Säge keinen nennenswerten Widerstand bieten und sich kaum abnützen. Will man Schnitte von weniger als 0,5 mm Dicke herstellen, so sollte ein Sägeblatt verwendet werden, welches dünner als 0,3 mm ist.

Bevor man die Scheiben abtrennt, muß, etwa mit einem Bleistift, eine Markierung angebracht werden, um auch am isolierten Schnitt die Orientierung nicht zu verlieren.

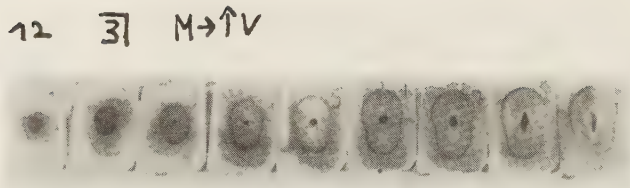


Abb. 2: Das fertige Präparat: Die angefärbten Serienschnitte eines unteren Caninus auf dem Objektträger.

Als Schnittdicke wurden stets 10 % der vor dem Einbetten des Zahnes gemessenen Wurzellänge genommen.

Die Schnitte werden in der Reihenfolge ihrer Gewinnung so auf einen Objektträger aufgeklebt, daß sie der Beschriftung des Objektträgers immer dieselbe Seite zukehren.

Die horizontalen Serienschnitte der Zahnwurzel können mit einem Tropfen Schiff'schem Reagenz angefärbt werden, wodurch die Grenzen zwischen Zement und Dentin deutlicher hervortreten. In den meisten Fällen kann man aber auch ohne diese Färbung auskommen. Das Durchlichtmikroskop läßt selbst bei Schnittenvon 2,5 mm Dicke die Grenzen zwischen Zement und Dentin noch erkennen.

Die angegebene Methode hat folgende Vorteile:

a) Die Schnitte können sofort, ohne lange Vorbereitung (histologische Methode!), angefertigt werden.

b) Schrumpfung oder Quellung, wie sie bei der histologischen Methode vorkommen können, fallen weg.

c) Die Orientierung über die Wurzelseiten ist gewährleistet.

d) Verluste von Serienschnitten kommen nicht vor.

e) Die Herstellung der Serienschnitte ist von einem Labor unabhängig.

f) Ein Geübter kann in etwa 1 1/2 Stunden ein Präparat von 10 Schnitten herstellen. Das ist zwar ein erheblicher Zeitaufwand, er ist aber immer noch wesentlich geringer als bei den eingangs erwähnten Methoden.

Der Nachteil dieser Methode ist, daß feinere histologische Untersuchungen nicht möglich sind, da mit stärkeren Vergrößerungen nicht gearbeitet werden kann.

Vermessung

Zahnlänge und Wurzellänge wurden mit Hilfe eines Stechzirkels vor der Verarbeitung des Zahnes auf 1/4 mm genau bestimmt.

Die mikroskopischen Messungen sind mit einem Durchlichtmikroskop vorgenommen worden, dem ein Zeichenapparat der Firma Carl Zeiss aufgesetzt ist. Der Zeichenapparat, der mit einer Polarisations-Filter-Einrichtung versehen ist, ermöglicht es, das mikroskopische Bild neben dem Mikroskop auf dem Arbeitstisch zu sehen. Dort kann es dann mit einem geeichten Maßstab beliebig ausgemessen werden. Die Maßstäbe sind mit einem Objektmikrometer geeicht worden.

Für die Messung der Wurzelzementbreite wurde eine Vergrößerung von 1 : 166 angewandt, für die Messung der Pulpa 1 : 44 und schließlich für die Messung des Wurzeldurchmessers 1 : 30.

Messung des Wurzelzementes

Bei jedem der pro Zahn vorliegenden 9 bis 10 Schnitte wird die Zementbreite mesial, distal, oral und vestibulär gemessen. Die Messung erfolgte an der Stelle des Zementmantels, welche in mesio-distaler bzw. oral-verstibulärer Richtung der Mitte der Pulpa gegenüberliegt.

Messung der Pulpabreite

Um ein Maß für die Breite des Sekundärdentins zu bekommen, wurden die Pulpendurchmesser an mehreren Stellen entlang der Pulpa gemessen. Jeder der 9 bis 10 pro Zahn hergestellten Horizontalschnitte liefert zwei Durchmesser der Pulpa, einen mesio-distalen und einen oral-vestibulären. Von den durchschnittlich 18 Werten pro Zahn wurde der arithmetische Mittelwert gebildet, mit dem man dann weiterarbeitete.

Lagen zwei Wurzelkanäle vor, so hat man in oral-vestibulärer Richtung deren Breiten addiert, in mesio-distaler Richtung die breiteste Stelle des breiteren Wurzelkanals gemessen. In dieser Weise wird bei jedem Schnitt verfahren, bei dem zwei Wurzelkanäle auftreten.

Messung des Wurzeldurchmessers

Hier hat man bei jedem zweiten Horizontalschnitt die größte Breite des Schnittes in mesio-distaler und in oral-vestibulärer Richtung gemessen.Aus den gewonnenen Werten wurde für jeden Zahn ein Mittelwert gebildet.

Es sind also pro Zahn durchschnittlich 64 Messungen vorgenommen worden.

IV. Ergebnisse

Tabellen der Meßergebnisse

Das Untersuchungsmaterial:

Fall Nr.	Alter	Parodontale Erkrankung	Reaktionsfähigkeit des Parodonts
1	52	P m p	rel. I.
2	69	o. B.	rel. R.
3	76	P m s	rel. R.
4	68	P m p	rel. I.
5	59	o. B.	R.
6	42	P m p	rel. I.
7	66	(P m s)	rel. I.
8	68	o. B.	rel. R.
9	76	P m p	rel. I.
10	28	(P m s)	rel. R.
11	67	o. B.	rel. R.
12	72	P m s	(rel. I.)
13	51	P m s	rel. R.
14	21	o. B.	rel. R.
15	68	(P prof.)	rel. I.
16	28	P m s	I.
17	61	P m p	I.
18	69	P m p	rel. I.
19	41	(P m s)	rel. I.
20	68	(P m s)	rel. I.
21	70	P m p	rel. I.
22	42	o. B.	rel. R.
23	81	P m p	I.
24	42	P m p	(rel. R.)
25	60	P m s	R.
26	53	P m p	I.
27	44	P m s	rel. R.
28	60	P m p	I.
29	64	P m p	rel. I.
30	44	o. B.	rel. R.
31	34	P m p	I.
32	59	P m p	rel. I.
33	41	P m s	rel. R.
34	73	(P m s)	(rel. R.)
35	75	(P prof.)	(?)
36	58	P m p	rel. I.
37	72	o. B.	(rel. R.)
38	76	(P m s)	rel. R.
39	63	P m p	rel. I.
40	61	P m p	(?)
41	55	o. B.	(?)

Zeichenerklärung umseitig!

Zeichenerklärung für die Tabelle des Untersuchungsmaterials

P m p = Parodontitis marginalis progressiva
P m s = Parodontitis marginalis superficialis
P prof.= Profunde Parodontitis
o. B. = ohne parodontalen Befund
rel. = relative
R. = Resistenz des Parodontiums
I. = Insuffizienz des Parodontiums

Die Fälle, bei denen die Diagnose in ( ) gesetzt wurde, sind bei der Untersuchung der Auswirkung parodontaler Erkrankungen nicht berücksichtigt worden, da die Diagnose entweder unsicher war, oder da sie sich nicht in den gesetzten Rahmen einfügen ließ. Letzteres trifft besonders für die Fälle zu, bei denen eine ausgeprägte Parodontitis marginalis superficialis bestand und die somit nicht mehr unter die Rubrik "ohne parodontalen Befund" gesetzt werden konnten.

Wurzelzementbreite in µ bei +1+

Zahn: +1+

mesiale Wurzelseite

Fall Nr.	3	6	10	12	13	17	19	22	30	33	35	40
Schnitt												
1	300	260	120	420	130	350	80	100	120	300	290	300
2	200	350	160	310	110	350	110	150	190	280	410	245
3	150	250	160	250	100	410	205	260	190	340	365	230
4	165	190	150	210	110	400	135	260	155	300	360	220
5	150	145	135	230	100	350	220	220	160	250	300	185
6	180	75	110	260	95	350	135	280	150	160	250	140
7	190	90	110	290	80	290	110	240	160	190	160	125
8	125	80	85	500	70	180	75	100	105	130	120	100
9		60	65	100		150	50			90		50
10			65	70								

distale Wurzelseite

Schnitt												
1	250	225	55	300	90	235	160	110	40	225	475	190
2	395	250	60	250	110	370	185	105	150	220	355	160
3	290	220	115	280	120	350	240	140	175	230	250	190
4	150	200	110	235	105	350	170	250	140	240	210	140
5	160	145	120	150	100	325	100	165	150	155	190	125
6	135	100	110	350	70	305	80	170	150	140	155	120
7	150		90	190	80	190	55	130	140	110	110	90
8	140		85	150	90	110	45	105	100	90	110	80
9	100		50	140						70		70
10	70		60	50								

Wurzelzementbreite in µ bei +1+

Zahn: +1+

orale Wurzelseite

Fall Nr.	3	6	10	12	13	17	19	22	30	33	35	40
Schnitt												
1	370	250	340	210	140	240	340	260	195	260	350	250
2	260	190	260	135	115	265	220	200	195	250	250	240
3	260	120	180	225	100	355	80	220	120	150	200	210
4	160	120	100	150	100	500	70	125	110	130	200	245
5	150	95	75	110	90	300	70	115	150	120	160	190
6	135	50	65	150	90	120	60	100	00	100	150	180
7	140	85	70	140	80	110	55	85	125	80	120	130
8	100	90	80	80	90	110	55	80	75	70		60
9	90		50	80								55
10			70									

vestibuläre Wurzelseite

Schnitt												
1	140	270	00	900	60	270	100	80	130	190	105	250
2	150	270	00	750	90	300	65	75	100	130	150	210
3	110	200	190	620	95	280	90	120	250	150	140	215
4	145	160	150	490	90	255	100	140	220	130	125	210
5	140	110	250	360	85	00	90	90	200	90	115	140
6	160	110	200	250	90	00	90	105	150	90	130	130
7	150	100	140	240	80	140	50	105	140	70	140	135
8	110		110	200	70	140	60	80	125	100	140	110
9	100		100	250						80		60
10			80	200								

Wurzelzementbreite in µ bei +2+

Zahn: +2+

mesiale Wurzelseite

Fall Nr.	2	6	8	13	14	16	17	19	22	25	28	40
Schnitt												
1	300	280	440	290	125	410	410	410	300	190	510	300
2	220	210	400	110	55	320	350	210	235	170	450	205
3	220	60	280	80	40	265	395	145	200	200	380	180
4	140	50	215	80	45	95	320	140	140	150	360	115
5	110	70	200	90	45	80	380	100	100	125	245	120
6	100	105	220	80	45	60	250	65	90	100	200	90
7	140	120		95	45	50	150	65	100	115	200	70
8	110	100		105	45	45	100	65	70	75	175	80
9				75				70			105	
10												

distale Wurzelseite

Schnitt												
1	360	150	500	90	40	340	410	340	240	115	520	250
2	345	115	410	100	30	200	490	245	110	130	415	165
3	300	100	310	90	40	60	450	130	110	225	420	120
4	225	80	240	90	40	50	260	90	110	160	350	85
5	195	30	270	75	40	50	220	75	80	80	300	80
6	160	00	250	70	40	50	200	75	85	115	260	70
7	150	65	190	100	40	55	140	50	60	75	205	70
8	100	50	150	90	35	50	120	55	80	70	180	40
9		35		60			70					
10												

Wurzelzementbreite in µ bei +2+

Zahn: +2+

orale Wurzelseite

Fall Nr.	2	6	8	13	14	16	17	19	22	25	28	40
Schnitt												
1	390	200	470	140	40	200	860	350	190	130	290	290
2	220	125	450	100	35	255	910	100	150	100	350	180
3	250	150	350	75	30	90	470	80	110	100	270	140
4	210	95	225	100	25	45	270	60	90	70	200	40
5	150	75	250	80	30	45	240	70	80	60	100	45
6	130	20	120	65	40	50	120	65	75	75	140	55
7	70	40	110	70	30	50	135	70	75	35	115	55
8	70	25	100	65	25	40	70	40	70	50	100	60
9		20										
10												

vestibuläre Wurzelseite

Schnitt												
1	200	400	00	00	130	150	340	95	150	30	530	240
2	190	180	00	00	70	150	360	100	180	85	340	120
3	225	45	00	75	30	90	170	65	120	100	140	100
4	215	20	230	80	25	60	290	60	100	110	250	110
5	140	15	190	100	35	45	400	60	80	85	210	70
6	130	15	160	100	40	50	160	55	90	90	200	70
7	130	110	150	110	45	55	155	75	80	90	200	70
8		75		80	45	50	110	100	75	85	190	50
9		80									120	
10												

Wurzelzementbreite in µ bei +3+

Zahn: +3+

mesiale Wurzelseite

Fall Nr.	12	13	16	17	22	28	33	34	8
Schnitt									
1	450	410	380	450	280	550	570	350	350
2	500	360	320	400	390	650	510	310	390
3	430	310	240	360	320	450	400	260	265
4	330	180	180	340	280	440	250	190	320
5	250	125	170	310	400	400	145	190	360
6	250	190	120	260	290	305	130	200	360
7	325	150	95	210	110	325	135	95	450
8	200	130	80	245	110	250	100		310
9		130	70	80	110				
10		100							

distale Wurzelseite

Schnitt									
1	325	430	230	480	290	580	420	280	580
2	360	480	245	520	350	660	350	450	460
3	330	390	320	400	250	560	290	280	560
4	350	230	230	360	170	450	200	150	560
5	250	170	215	235	120	320	170	260	430
6	210	150	115	220	125	225	160	230	310
7	230	140	110	220	130	220	110	240	355
8	210	130	80	85	100	130		120	250
9		115	70	50	75			90	250
10		100							

Wurzelzementbreite in µ bei +3+

Zahn: +3+

orale Wurzelseite

Fall Nr.	12	13	16	17	22	28	33	34	8
Schnitt									
1	450	520	290	660	510	540	740	400	550
2	350	450	220	590	500	550	380	390	590
3	350	350	190	510	310	500	160	210	520
4	245	140	120	270	175	310	135	190	570
5	180	140	100	235	110	150	130	140	525
6	180	110	90	240	115	110	110	150	430
7	210	100	60	200	115	115		110	520
8	170	120	60	110	110	80		100	460
9		90	65	60	75				220
10		75							

vestibuläre Wurzelseite

Schnitt									
1	530	170	140	900	150	490	380	310	310
2	250	145	175	385	150	300	180	220	235
3	245	140	130	320	190	260	200	150	210
4	250	130	70	240	110	280	95	120	100
5	240	130	80	155	85	220	115	110	220
6	210	130	100	130	70	215	110	100	280
7	230	115	100	110	70	135	90	120	180
8	200	125	80		80	120	95	100	
9		110	70						
10		90							

Wurzelzementbreite in µ bei -1-

Zahn: -1-

mesiale Wurzelseite

Fall Nr.	4	5	8	12	16	17	21	24	26	29	31	40
Schnitt												
1	370	160	200	360	75	150	240	200	340	170	100	250
2	280	190	430	290	140	240	200	190	260	110	125	260
3	300	180	105	450	90	250	160	200	190	90	130	180
4	250	200	140	320	70	170	145	200	130	85	120	135
5	240	215	175	260	60	170	120	170	110	80	110	120
6	220	140	150	245	65	135	115	140	90	60	60	100
7	75	100	140	230	50	110	100	110	80	50	70	80
8	60	75	120	150	50	90	40	70	70	30	40	60
9		50	70	100	45	50		50	55	40	40	40
10			100			30		50				

distale Wurzelseite

Schnitt												
1	350	250	290	380	140	200	140	150	200	230	100	220
2	380	195	350	330	150	135	230	140	180	130	150	210
3	320	155	365	325	75	100	210	140	160	110	200	160
4	340	145	320	300	65	235	150	130	160	90	140	140
5	280	150	260	300	65	200	130	175	130	70	110	110
6	230	140	210	245	70	140	110	150	90	65	70	120
7	175	100	190	145	65	140	90	100	110	30	65	85
8	75	75	170		50	110	35	105	75	30	50	65
9		65	130		45	65		70	50	45	40	45
10			100			60		40				

Wurzelzementbreite in /u bei -1-

Zahn: -1-

orale Wurzelseite

Fall Nr.	4	5	8	12	16	17	21	24	26	29	31	40
Schnitt												
1	130	115	350	120	130	310	130	00	120	160	100	210
2	70	115	260	75	40	150	150	00	170	60	70	140
3	70	95	150	70	30	110	90	00	180	70	100	150
4	120	65	170	290	40	90	100	100	110	50	70	60
5	85	35	120	220	40	110	90	85	110	40	50	70
6	60	60	110	190	35	70	90	85	90	25	40	50
7	50	00	80	135	35	75	70	50	50	25	35	50
8	40	60	80	130	40	80	50	50	50	30	30	40
9			80		40	60	40	30	35		20	00
10			60			100		40				

vestibuläre Wurzelseite

Schnitt												
1	1400	150	130	310	125	00	160	00	00	00	85	130
2	900	160	360	350	150	230	190	110	280	130	70	50
3	450	130	270	245	50	170	140	120	110	100	70	80
4	300	115	220	210	50	170	120	155	230	80	55	100
5	180	90	190	170	45	175	95	130	150	40	90	90
6	140	65	190	150	45	155	80	100	90	40	50	80
7	90	80	170	120	50	110	70	90	00	40	40	70
8	50	50	110	100	40	105	60	60	70	30	50	70
9			130	140	45	85	60	70	50			70
10						70		40				

Wurzelzementbreite in µ bei -2-

Zahn: -2-

mesiale Wurzelseite

Fall Nr.	1	4	8	9	12	16	17	18	20	24	26	27	29	31	32	38	39
Schnitt																	
1	410	320	340	295	350	70	245	320	125	220	290	160	130	210	200	160	260
2	350	350	280	300	300	85	190	220	130	230	220	180	180	220	200	475	320
3	350	350	200	120	250	80	205	200	130	200	200	160	125	180	130	490	360
4	70	300	230	225	230	70	210	210	140	225	280	130	120	200	150	430	350
5	250	260	200	180	250	55	180	150	130	220	290	85	85	80	140	275	300
6	175	250	140	140	240	60	165	140	110	170	130	110	80	90	160	250	275
7	170	250	145	115	220	70	145	130	100	145	95	90	70	60	165	240	250
8	00	160	120	75	170	65	80	130	90	100	80	90	70	70	90	170	140
9	00	125	120		70	50	50	110		75	50	65	50	70	75	145	115
10										60							

distale Wurzelseite

Schnitt																	
1	440	360	320	260	310	105	430	300	140	200	225	190	130	105	160	300	480
2	410	220	270	280	320	160	210	240	130	220	220	190	140	175	200	390	355
3	410	295	250	220	310	120	230	210	150	170	190	160	130	150	150	320	345
4	130	300	215	150	260	110	210	155	125	190	155	120	100	110	140	365	250
5	125	270	220	180	220	50	170	120	115	200	125	115	90	135	125	340	90
6	150	250	290	155	190	45	145	110	90	175	120	100	80	80	90	250	120
7	170	220	275	120	165	50	105	110	110	140	90	60	70	70	100	260	125
8	120	150	200	90	115	55	50	100	90	110	80	80	55	50	90	200	130
9	100	100	155		50	45	40	85		70	75	70	40	50	80	160	100
10										70							

Wurzelzementbreite in µ bei -2-

Zahn: -2-

orale Wurzelseite

Fall Nr.	1	4	8	9	12	16	17	18	20	24	26	27	29	31	32	38	39
Schnitt																	
1	375	210	160	200	295	190	280	330	100	120	260	200	125	95	90	300	610
2	175	270	255	110	350	120	190	260	75	100	190	150	100	90	155	420	280
3	150	195	160	115	350	90	130	190	80	120	150	80	50	60	70	400	210
4	100	160	150	120	250	45	105	130	60	105	130	45	70	80	100	260	230
5	105	150	150	110	230	440	120	115	50	95	80	60	90	80	75	200	140
6	55	160	125	110	135	50	80	110	30	90	120	70	45	60	80	145	50
7	00	180	120	80	80	50	90	100		35	75	50	30	50	70		100
8	00	140		50	70	40	60	50		50	65	70	40	50	40		120
9	00				40	40		30			25	40		50	30		70
10																	

vestibuläre Wurzelseite

Schnitt																	
1	225	505	375	250	165	100	350	260	105	130	260	275	170	80	100	410	210
2	280	505	305	90	160	130	260	180	100	135	270	110	90	60	75	350	250
3	165	220	245	70	140	90	220	190	90	160	270	90	50	60	75	190	240
4	135	155	210	100	140	50	185	140	85	140	210	80	00	75	95	200	100
5	115	150	185	145	150	35	130	105	50	120	145	70	45	90	80	230	130
6	115	140	160	85	125	40	110	115	50	80	100	70	40	75	95	160	150
7	100	120	120	100	150	45	80	120	40	40	65	70	40	60	60	140	135
8	60	130			135	55	60	100	60	60	45	80	50	60	40	190	120
9	60				110		50	70	50	50	40	50		30		250	120
10																	

Wurzelzementbreite in µ bei -3-

Zahn: -3-

mesiale Wurzelseite

Fall Nr.	1	4	7	11	15	21	12	23	27	29	32	36	37	41	17
Schnitt															
1	450	350	220	130	450	330	425	530	390	300	310	210	265	600	700
2	275	250	200	340	345	260	450	640	240	420	220	310	265	320	490
3	310	350	200	505	265	220	360	900	160	290	190	500	255	210	430
4	235	310	155	450	130	180	310	470	130	110	135	285	200	160	340
5	200	230	145	350	110	90	250	495	100	125	130	310	145	150	320
6	210	200	125	00	90	90	200	390	95	100	135	220	135	150	210
7	150	195	120	00	70	80	210	200	105	90	130	160	115	130	195
8		75		180	60	80	135	185	105	70	130	110	80	105	190
9								110	80		100	100		80	
10															

distale Wurzelseite

Schnitt															
1	650	390	350	185	390	330	650	349	290	450	250	430	380	520	830
2	390	350	310	280	270	150	530	500	265	330	210	450	350	355	580
3	300	210	140	290	180	130	410	500	220	120	190	280	360	270	330
4	195	220	160	200	130	100	350	490	205	110	110	170	290	195	280
5	170	200	135	170	110	115	265	420	105	80	135	125	190	180	210
6	150	145	135	150	140	115	205	350	95	50	115	100	130	175	200
7	140	110	120	110	80	115	230	295	90	60	115	110	130	190	160
8		75		85	70	100	125	235	80	50	115	100	100	110	150
9								120	90		95	60		60	
10								105							

Wurzelzementbreite in µ bei -3-

Zahn: -3-

orale Wurzelseite

Fall Nr.	1	4	7	11	15	21	12	23	27	29	32	36	37	41	17
Schnitt															
1	610	220	290	140	280	235	610	460	270	250	245	300	250	720	500
2	160	210	180	145	135	180	480	495	150	110	155	310	115	390	285
3	135	175	110	200	130	115	340	320	90	100	120	160	130	230	185
4	140	170	60	175	105	120	260	210	70	75	125	165	120	150	145
5	160	120	70	110	100	95	130	170	55	60	110	200	100	125	110
6	100	160	80	00	80	90	90	125	80	55	100	80	100	00	100
7		140	110	110	105	75	180	100	70	50	100	75	100	110	50
8		110		65	50	75	150	90	70	30	100	75	100	65	80
9								70			90	70		60	
10								70							

vestibuläre Wurzelseite

Schnitt															
1	480	470	100	130	100	210	350	560	340	370	160	300	190	420	720
2	260	490	110	240	120	130	215	460	360	110	110	360	250	260	650
3	160	265	110	210	120	125	250	300	115	80	110	260	200	180	325
4	135	265	110	150	80	110	190	230	100	660	115	180	260	160	290
5	95	270	100	90	100	110	170	175	90	60	100	100	120	120	280
6	110	180	100	95	90	120	175	110	70	55	110	60	115	100	215
7	105		100	80	95	90	190	100	70	50	115	80	100	70	90
8				90	90	80	40	75	75	35	85	80	115	55	110
9									70			55		40	
10															

Wurzeldurchmesser, Zahnlänge, Wurzellänge in 1/10 mm

Zahn: +1+

Mesio-distale Messung

Fall Nr.	3	6	10	12	13	17	19	22	30	33	35	40
Schnitt												
2	28	27	28	38	28	35	19	22	20	28	37	20
4	35	43	36	47	40	46	30	37	31	39	51	34
6	42	51	42	47	49	55	38	50	43	47	54	42
8	46	59	56	60	59	66	49	60	56	54	64	48

Oro-vestibuläre Messung

Schnitt												
2	40	28	29	40	31	42	26	22	24	37	32	25
4	53	47	40	47	45	55	40	38	38	53	45	38
6	60	55	48	57	55	62	53	52	50	65	52	47
8	80	65	51	65	61	75	61	50	57	74	57	55
Zahnlänge	240	250	165	215	175	225	210	220	170	280	180	250
Wurzellänge	150	150	110	120	120	140	120	120	110	180	120	150

Wurzeldurchmesser, Zahnlänge, Wurzellänge in 1/10 mm

Zahn: +2+

Mesio-distale Messung

Fall Nr.	2	6	8	13	14	16	17	19	22	25	28	40
Schnitt												
2	33	23	25	18	20	19	22	24	21	23	25	19
4	40	30	32	26	27	24	33	30	30	27	35	28
6	45	35	36	31	32	28	40	36	34	34	41	33
8	55	42	38	36	38	34	44	46	43	41	44	39

oro-vestibuläre Messung

Schnitt												
2	38	34	28	33	33	30	32	37	25	34	35	28
4	46	45	48	48	48	45	48	46	43	43	43	40
6	57	54	53	56	55	51	58	56	52	47	51	47
8	62	60	53	62	59	53	63	57	58	55	56	52

Zahnlänge	170	245	215	160	230	230	245	215	200	170	190	240
Wurzellänge	120	150	140	115	150	140	155	140	120	145	120	150

Wurzeldurchmesser, Zahnlänge, Wurzellänge in 1/10 mm

Zahn: +3+

mesio-distale Messung

Fall Nr.	12	13	16	17	22	28	33	34	8
Schnitt									
2	27	25	21	26	20	35	28	20	33
4	42	36	32	35	31	37	39	30	42
6	48	43	41	43	37	41	47	40	47
8	55	54	51	55	48	49	56	46	52

oro-vestibuläre Messung

Schnitt									
2	40	29	29	42	22	42	45	26	36
4	62	48	46	58	47	52	67	37	62
6	75	66	60	72	64	62	86	54	74
8	85	75	67	80	76	76	96	70	80
Zahnlänge	295	--	250	265	230	240	345	245	250
Wurzellänge	195	140	165	175	160	160	260	185	170

Wurzeldurchmesser, Zahnlänge, Wurzellänge in 1/10 mm

Zahn: -1-

mesio-distale Messung

Fall Nr.	4	5	8	12	16	17	21	24	26	29	31	40
Schnitt												
2	15	18	18	18	16	18	16	15	17	21	13	19
4	19	22	25	26	22	24	22	20	24	25	18	24
6	23	26	25	31	27	28	28	23	29	29	26	27
8	27	29	28	35	34	32	30	27	35	34	30	31

oro-vestibuläre Messung

Schnitt												
2	26	37	28	25	30	33	24	28	41	41	32	32
4	45	46	44	42	42	46	40	45	57	54	53	43
6	52	51	52	52	50	56	51	50	62	61	61	50
8	56	51	56	58	58	61	57	53	64	63	65	55
Zahnlänge	190	190	160	225	220	210	235	175	220	180	210	220
Wurzellänge	120	130	105	135	130	140	165	100	130	125	115	140

Wurzeldurchmesser, Zahnlänge, Wurzellänge in 1/10 mm

Zahn: -2-

mesio-distale Messung

Fall Nr.	1	4	8	9	12	16	17	18	20	24	26	27	29	31	32	38	39
Schnitt																	
2	18	13	17	20	18	15	20	20	17	18	14	13	19	13	17	21	21
4	27	20	25	23	26	20	25	24	25	23	24	19	27	20	22	25	24
6	28	25	28	29	33	25	29	27	32	26	29	25	30	29	27	32	32
8	32	28	30	35	36	30	34	32	36	30	35	38	36	35	31	35	39

oro-vestibuläre Messung

Schnitt																	
2	33	27	30	26	30	24	31	31	25	36	35	20	38	25	34	35	29
4	52	47	51	40	40	34	54	47	50	50	59	37	57	46	47	54	44
6	61	54	57	54	51	40	65	59	62	56	61	51	63	58	54	65	59
8	63	60	62	61	64	46	70	66	68	60	66	52	68	64	59	68	66

Zahnlänge	255	200	180	195	230	210	225	200	250	205	225	240	205	200	200	220	215
Wurzellänge	165	120	130	140	150	120	150	135	180	120	145	160	150	125	120	150	150

Wurzeldurchmesser, Zahnlänge, Wurzellänge in 1/10 mm

Zahn: -3-

mesio-distale Messung

Fall Nr.	1	4	7	11	15	21	12	23	27	29	32	36	37	41	17
Schnitt															
2	23	20	26	22	23	24	27	29	21	23	19	30	24	29	30
4	35	31	37	34	32	39	40	34	27	32	27	34	37	36	31
6	41	38	46	43	38	45	50	41	37	40	36	45	46	42	36
8	46	44	53	49	45	54	55	43	40	47	43	51	53	50	40

oro-vestibuläre Messung

Schnitt															
2	34	27	40	23	32	30	34	36	27	38	25	37	32	61	40
4	56	50	64	60	51	58	61	58	45	63	47	62	57	59	55
6	71	62	79	86	67	72	75	71	59	78	59	77	70	66	69
8	87	68	85	95	75	82	86	77	68	87	69	83	80	77	72
Zahnlänge	290	221	253	280	248	282	280	232	260	240	225	250	225	250	--
Wurzellänge	185	143	140	185	160	180	175	165	165	160	130	155	150	155	140

Pulpabreite in 1/100 mm bei +1+

Zahn: +1+

mesio-distale Messung

Fall Nr.	3	12	13	19	22	30	33	34	40
Schnitt									
1	41	55	45	48	45	35	40	35	42
2	40	43	55	50	50	38	52	50	45
3	36	41	75	42	60	45	71	50	50
4	42	30	88	45	65	40	86	53	60
5	67	29	88	60	77	45	97	57	62
6	76	32	80	67	92	65	100	57	70
7	75	30	90	90	110	85	109	75	85
8	42	52	95	108	120	95	122	89	110
9	60	85	108	155		120	163	115	95
10									

oro-vestibuläre Messung

Schnitt									
1	30	32	40	53	48	40	60	39	50
2	40	43	55	56	50	38	65	46	50
3	52	41	82	75	70	46	90	55	55
4	72	35	105	83	90	65	120	70	60
5	96	35	105	91	100	70	132	68	60
6	110	38	83	110	95	72	126	69	65
7	185	53	75	120	110	90	110	70	80
8	208	65	90	111	130	100	130	78	100
9	220	65	92	145		120	130	80	132
10									

Pulpabreite in 1/100 mm bei +2+

Zahn: +2+

mesio-distale Messung

Fall Nr.	2	6	8	13	14	16	17	19	22	25	28	40
Schnitt												
1	20	41	35	28	36	22	26	33	36	35	29	25
2	23	38	22	31	55	29	38	35	40	35	49	26
3	17	58	25	40	61	35	34	33	66	50	57	28
4	16	52	40	40	87	43	32	39	65	35	66	35
5	11	55	49	50	95	55	50	55	73	48	65	36
6	32	80	10	58	111	75	27	90	106	57	60	36
7	21	95	7	52	120	100	25	90	113	75	81	50
8		90	10	72		126	31	111	80	100	55	90
9				80			71	65		115		89
10							40					

oro-vestibuläre Messung

Schnitt												
1	25	50	35	45	65	55	35	56	51	39	71	28
2	25	40	40	55	100	51	38	48	52	41	50	45
3	18	51	60	75	107	68	45	78	55	50	58	52
4	15	65	51	85	119	62	45	75	89	40	69	50
5	16	79	45	91	149	65	38	95	95	45	75	38
6	27	90	10	81	150	70	23	112	100	50	60	45
7	15	117	7	70	155	85	22	130	102	65	71	50
8		129	10	80		105	25	145	157	100	35	80
9				123			55	132		105		116
10							31					

Pulpabreite in 1/100 mm bei +3+

Zahn: +3+

mesio-distale Messung

Fall Nr.	12	16	17	22	28	33	34	8
Schnitt								
1	25	31	32	23	25	37	35	35
2	25	41	55	29	42	55	48	52
3	36	41	60	35	52	75	36	73
4	56	40	70	30	45	87	34	82
5	60	45	68	52	55	100	37	82
6	85	72	70	70	55	100	55	81
7	100	90	85	83	70	100	86	90
8	88	123	65	70	95	130	107	100
9		160	32	90	110	140	75	57
10								

oro-vestibuläre Messung

Schnitt								
1	25	37	55	38	46	65	41	32
2	39	45	63	34	43	60	38	46
3	39	52	54	39	62	110	36	72
4	65	42	72	80	60	150	40	95
5	82	55	76	84	76	178	45	100
6	111	61	80	107	80	200	52	105
7	110	95	72	220	65	255	65	110
8	115	125	85	265	87	308	75	75
9		207	70	270	175	345	100	60
10								

Pulpabreite in 1/100 mm bei -1-

Zahn: -1-

mesio-distale Messung

Fall Nr.	4	5	8	12	16	17	24	26	29	31	40
Schnitt											
1	11	25	18	21	23	27	45	35	30	19	27
2	15	24	25	25	25	27	16	20	31	20	30
3	12	24	27	24	24	25	20	24	28	20	32
4	10	22	21	20	35	24	20	20	25	20	25
5	11	25	27	19	41	28	25	25	31	30	35
6	11	15	22	17	55	20	15	21	60	25	45
7	17	43	25	16	67	28	20	37	60	35	46
8	18	15	34	16	77	31	15	45	65	37	32
9	9	10	15		100	25	10	21	70	23	45
10			25				9				

oro-vestibuläre Messung

Schnitt											
1	38	36	21	40	25	28	19	45	35	21	35
2	24	30	26	36	34	30	70	56	73	56	40
3	43	27	30	55	32	34	79	90	130	72	50
4	95	35	34	48	35	35	109	170	140	114	76
5	45	50	23	28	45	50	90	85	130	90	75
6	50	41	31	28	72	86	115	48	80	250	105
7	49	83	30	32	111	38	130	90	70	245	95
8	25	15	22	27	141	35	95	119	85	271	73
9	10	10	16		145	35	45	38	175	79	102
10			23				15				

Pulpabreite in 1/100 mm bei -2-

Zahn: -2-

mesio-distale Messung

Fall Nr.	1	8	9	12	16	17	18	20	24	26	27	29	31	32	38	39
Schnitt																
1	20	15	26	25	26	33	25	25	27	28	18	25	28	26	15	25
2	26	20	26	23	21	29	38	25	24	22	20	26	35	32	21	35
3	30	23	33	31	33	25	32	27	23	26	15	28	28	35	19	41
4	25	30	36	29	31	27	30	38	28	25	20	30	45	36	38	50
5	23	32	30	45	35	15	35	25	26	30	20	25	27	44	31	46
6	20	30	40	50	50	15	25	28	11	45	26	23	35	26	32	55
7	29	38	32	32	60	20	35	48	15	45	25	40	45	25	35	61
8	26	25	35	22	67	23	40	50	9	72	52	60	62	32	32	65
9	26	24	40	15	79	24	40	25	20	65	50	52	81	26	26	45
10		22						21	28							

oro-vestibuläre Messung

Schnitt																
1	59	42	27	45	25	30	45	29	40	53	39	28	45	46	35	26
2	58	40	35	40	31	34	47	34	67	75	31	39	90	43	68	40
3	82	45	28	40	28	60	67	30	88	141	42	51	120	45	95	48
4	108	62	29	35	30	108	110	43	54	160	90	90	145	50	137	60
5	129	75	56	63	42	155	175	85	52	54	101	122	155	69	100	55
6	157	84	108	106	55	150	91	112	62	78	115	145	235	90	84	79
7	31	71	110	167	65	70	225	90	163	104	125	158	295	130	210	120
8	38	32	185	92	90	45	172	25	110	150	120	131	287	110	100	195
9	56	30	190	45	95	36	103	25	110	175	138	220	255	45	91	150
10		30						29	92							

Pulpabreite in 1/100 mm bei -3-

Zahn: -3-

mesio-distale Messung

Fall Nr.	1	4	11	15	21	22	23	27	29	32	36	37	41	47
Schnitt														
1	55	38	27	30	31	16	27	28	35	35	23	18	30	25
2	70	55	30	30	45	37	35	34	28	52	36	32	40	50
3	65	60	30	40	55	38	42	35	30	53	46	51	50	53
4	60	60	35	55	75	50	45	41	54	50	55	50	50	60
5	65	50	42	55	85	80	52	45	60	56	81	65	70	65
6	70	70	45	55	90	105	38	52	60	50	65	75	70	70
7	70	60	37	40	60	120	35	55	75	65	90	95	73	67
8	60	70	25	35	41	95	50	60	60	67	90	80	85	58
9				23		43	25	48	60		95		100	55
10							20							

oro-vestibuläre Messung

Schnitt														
1	65	45	30	37	43	15	35	30	30	37	20	41	35	54
2	55	63	35	39	50	33	33	36	35	63	45	40	54	50
3	85	73	140	45	70	45	40	35	55	80	52	52	75	54
4	100	98	185	65	83	55	60	46	85	105	80	55	97	65
5	120	127	90	80	95	87	75	51	115	96	120	65	125	72
6	160	170	20	85	135	93	123	60	155	110	135	80	145	68
7	210	180	260	85	240	95	80	78	255	172	180	195	135	95
8	115	240	270	100	75	240	218	118	308	215	280	225	200	142
9				80		195	120	200	287		255		88	210
10							40							

Zusammenfassende graphische Darstellung der Meßergebnisse

Die in den Schaubildern angegebenen Werte sind Mittelwerte aus den Messungen an jeweils einer Frontzahngruppe. Diese Durchschnittswerte dürfen nicht mit denen einer anderen Frontzahngruppe verglichen werden, insbesondere, da das Durchschnittsalter und der parodontale Zustand der Individuen, von denen die Zähne der einzelnen Gruppen stammen, verschieden sind.

Die Graphiken sollen somit lediglich eine Übersicht über die gemessenen Werte vermitteln.

Zur Beachtung: Die Zementbreite ist relativ zu den übrigen Werten 5 x vergrößert dargestellt.

Den wahren Umriß der Zahnwurzel gibt die Linie wieder, welche den grau dargestellten Zementmantel nach innen begrenzt.

Für jede Frontzahngruppe sind zuerst die Meßwerte in mesiodistaler Richtung angegeben, dann die in orovestibulärer Richtung gemessenen Werte.

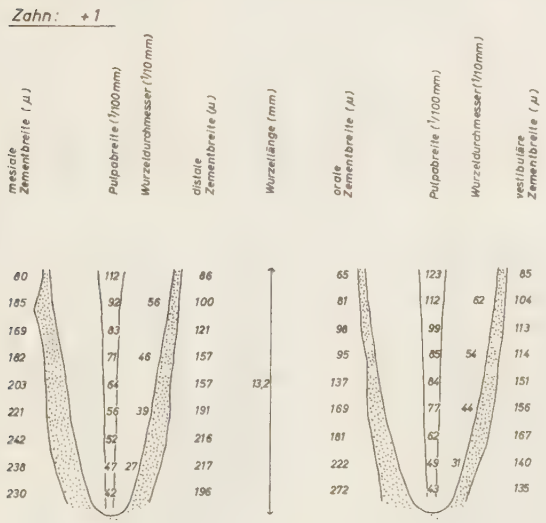


Abb. 3:
Die durchschnittlichen Meßwerte beim oberen ersten Incisivus

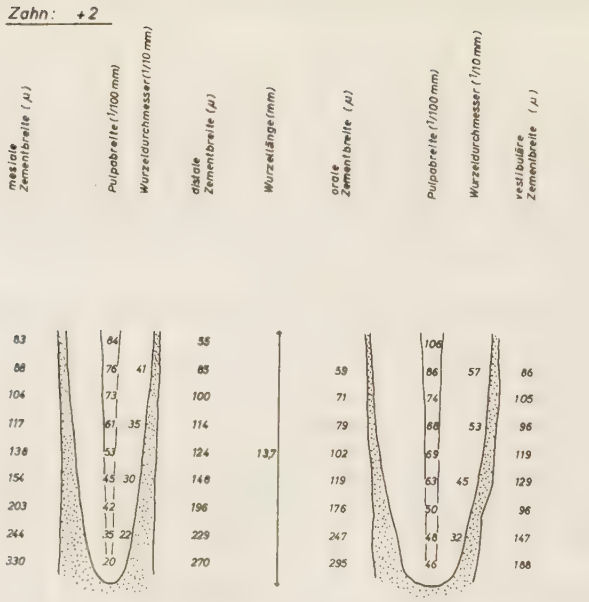


Abb. 4: Die durchschnittlichen Meßwerte beim oberen zweiten Incisivus.

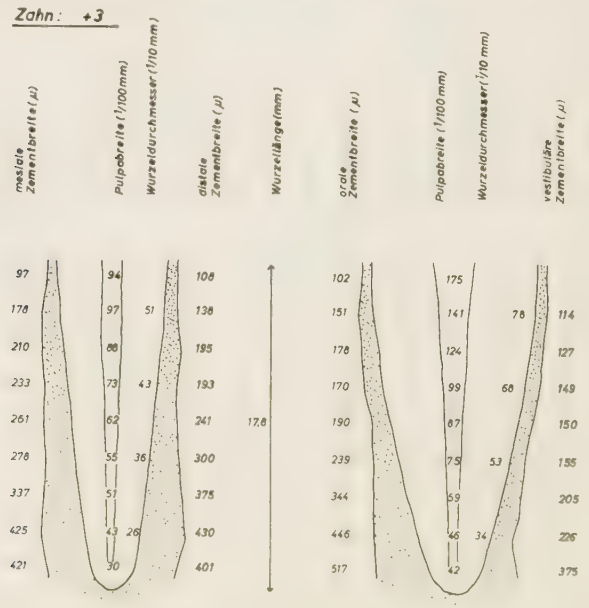


Abb. 5: Die durchschnittlichen Meßwerte beim oberen Caninus

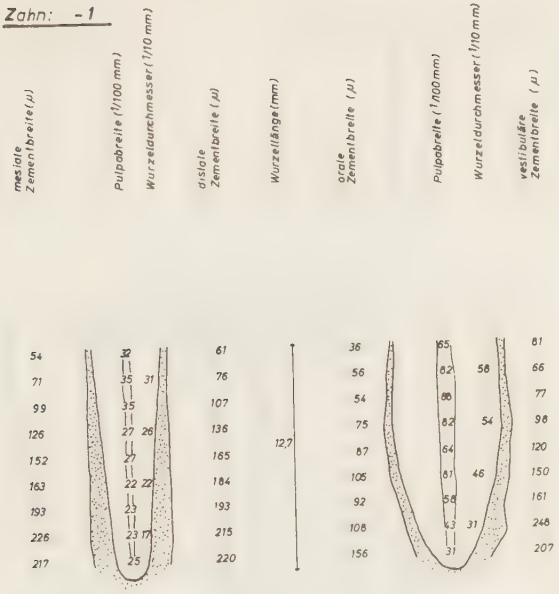


Abb. 6: Die durchschnittlichen Meßwerte beim unteren ersten Incisivus

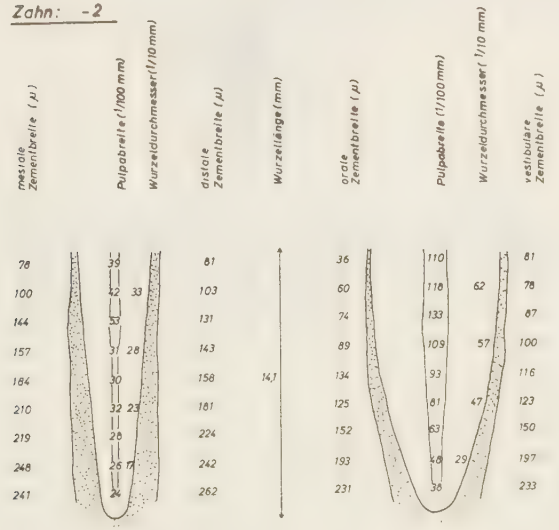


Abb. 7: Die durchschnittlichen Meßwerte beim unteren zweiten Incisivus

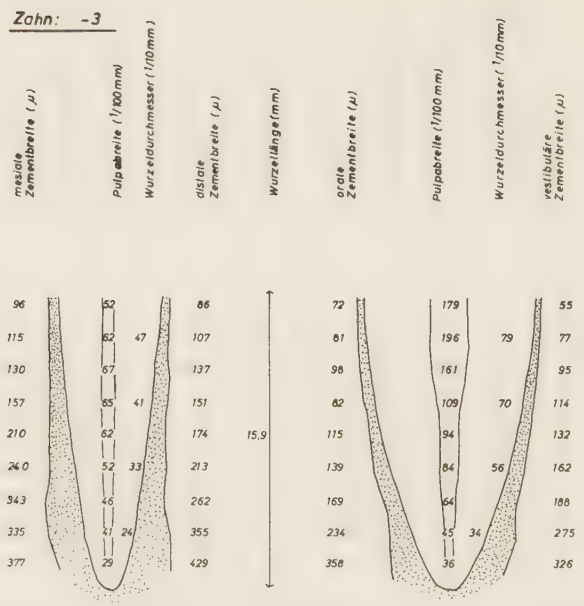


Abb. 8: Die durchschnittlichen Meßwerte beim unteren Caninus

Räumliche Darstellung des Wurzelzementmantels oberer und unterer Incisivi.

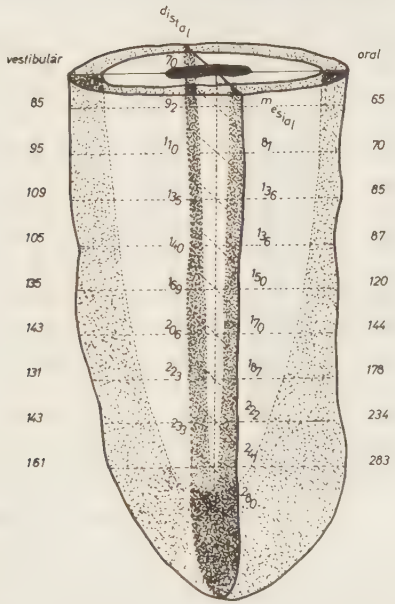


Abb. 9: Der Wurzelzementmantel der oberen Incisivi. Die durchschnittlichen Zementbreiten sind in /u angegeben und im Vergleich zur Wurzelgröße 10 mal vergrößert dargestellt.

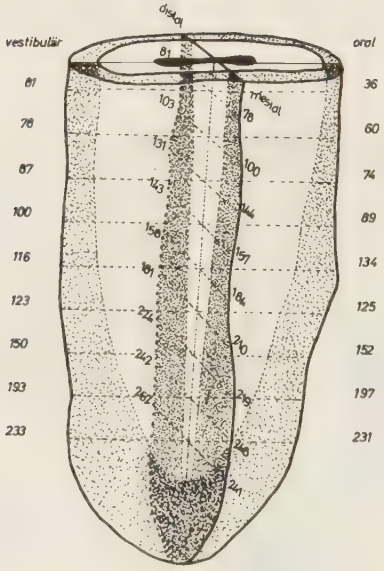


Abb. 10: Der Wurzelzementmantel des unteren zweiten Incisivus *. Die durchschnittlichen Zementbreiten sind in µ angegeben und im Vergleich zur Wurzelgröße 10 mal vergrößert dargestellt.

* Wegen der anders gearteten Formung des Zementmantels beim unteren ersten Incisivus an der mesialen und distalen Wurzelseite (siehe später) wurden dessen Werte bei dieser Darstellung nicht berücksichtigt.

Beschreibung eines typischen Einzelfalles

Der zu beschreibende Wurzelzementmantel eines oberen ersten Incisivus stammt von einer 42-jährigen gesunden Frau (Fall Nr. 22), die mit dem Wunsch ins Krankenhaus kam, man möge ihr sämtliche noch vorhandenen Zähne unter Narkose extrahieren. Diesem Wunsch wurde, was die Zähne des Oberkiefers anbetrifft, entsprochen.

Im Oberkiefer fehlten die Zähne 54/1234. Im Unterkiefer fehlten die Zähne $\overline{65/4567}$. Das Parodontium war o.B. und wurde als "relativ resistent" eingestuft.

Im Oberkiefer wurde seit 7 Jahren eine partielle Prothese getragen. Diese war ohne Auflagen und ohne Beachtung parodontalhygienischer Gesichtspunkte konstruiert. Der Unterkiefer war prothetisch nicht versorgt.

Der obere erste Incisivus selbst, dessen Zementmantel hier beschrieben werden soll, ist ohne pathologischen Befund. Die Zahnlänge beträgt 22 mm, die Wurzellänge 12 mm.

Die Breite des Wurzelzementmantels schwankt von minimal 75 µ (vestibulär-apikal) bis maximal 280 µ (mesial in der cervikalen Wurzelhälfte).

Die mesiale Wurzelseite ist mit einer durchschnittlichen Zementbreite von 201 µ am dicksten mit Zement belegt. Die dünnste Seite des Wurzelzementmantels liegt mit durchschnittlich 99 µ vestibulär.

Betrachtet man das apikale und das cervikale Wurzeldrittel gesondert, so fällt auf, daß das apikale Zement bei einer Durchschnittsbreite von 152 µ dicker ist als das Zement des cervikalen Wurzeldrittels, dessen durchschnittliche Breite bei 132 µ liegt.

An der mesialen Wurzelseite überwiegt die Zementbreite im apikalen wie im cervikalen Wurzeldrittel über die distale Zementbreite um 52 bzw. 72 µ. Dabei schwanken die Zementbreiten von minimal 118 µ distal-apikal bis maximal 207 µ mesial-cervikal.

An der oralen und vestibulären Wurzelseite liegen die Verhältnisse folgendermaßen:

Oral-apikal ist das Zement bei einer Dicke von 227 µ um 125 µ breiter als das Zement des vestibulär-apikalen Teiles des Zementmantels.

Vestibulär-cervikal ist das Zement bei einer Breite von 97 µ um 9 µ dicker als das oral-cervikal gelegene Zement.

Über weitere Einzelheiten zu diesem Fall orientieren die Tabellen Seite 29 und 30 .

Auswertung der Meßergebnisse

A. Breitenunterschiede am Wurzelzementmantel der Frontzähne

Es soll zunächst lediglich die Verteilung des Zementes über den Frontzahnwurzeln untersucht werden. Zu diesem Zweck wird das gesamte Material herangezogen, ohne auf Altersunterschiede oder Herkunft der 77 Zähne zu achten. Bei den folgenden Befunden werden absolute Werte der Zementbreite nicht angegeben, da die Zementbreite von mehreren Faktoren abhängig ist; so z.B. vom Alter, von der Zahngröße (siehe später), von parodontalen Erkrankungen (siehe später) und von funktionellen Einwirkungen. Diese Abhängigkeiten werden umgangen, wenn man von der Zahl der Fälle ausgeht, bei denen die Zementbreiten an verschiedenen Stellen entlang der Zahnwurzel ein bestimmtes Verhalten zeigen.

Statistisch geprüft wird mit Hilfe des Zeichentestes. Ausgehend von der Binomialverteilung $p = 1/2$ wird angegeben, ob ein signifikanter Unterschied besteht, bzw. mit welcher Irrtumswahrscheinlichkeit zu rechnen ist.

a) Breitenunterschiede der vier Seiten des Wurzelzementmantels

Um festzustellen, ob Unterschiede in der Zementdicke an der mesialen, distalen, oralen und vestibulären Seite der Zahnwurzel bestehen, wurden aus jeweils 9 bis 10 Einzelmessungen entlang jeder Wurzelseite die mittlere Dicke der dort gelegenen Zementschicht bestimmt.

In der folgenden Tabelle ist die Zahl der Fälle angegeben, bei denen das Zement an der jeweiligen Wurzelseite am stärksten ausgebildet ist. Es werden die Verhältnisse in den einzelnen Frontzahngruppen gezeigt.

Die letzte Reihe der Tabelle gibt die prozentuale Verteilung der stärksten Zementbreite für alle Frontzähne zusammen an.

Zahn	mesial	distal	oral	vestibulär
+1+	5	1	2	4
+2+	9	2	1	-
+3+	5	2	1	1
-1-	5	4	1	2
-2-	12	4	-	1
-3-	9	6	-	-
Prozentuale Verteilung	58 %	25 %	7 %	10 %

Die Zahlen der Fälle, bei denen auf einer der vier Wurzelseiten der Frontzähne die stärkste Zementbreite gefunden wurde, sind nach dem χ^2-Test signifikant unterschiedlich. Außerdem liegt die größte Zementbreite in 64 von 77 Fällen in der mesio-distalen Ebene. Die größere Breite des Zementes der mesialen und distalen Seite gegenüber der oralen und vestibulären Seite der Frontzahnwurzeln ist durch den Zeichentest gesichert.

b) Der mesiale und der distale Anteil des Wurzelzementmantels

Ergebnisse der Zementbreitenmessung entlang der gesamten Zahnwurzel

Die Meßwerte wurden aus 9 bis 10 Einzelmessungen der Zementbreite entlang der mesialen und der distalen Wurzelseite gewonnen.

Es zeigt sich, daß in 70 % der Fälle das mesiale Wurzelzement breiter ist als das distale. Dieser Unterschied ist signifikant. Lediglich beim unteren ersten Incisivus ist nur in der Hälfte der Fälle das mesiale Wurzelzement breiter.

Ganz besonders häufig, nämlich bei 20 von 24 Zähnen, ist bei den oberen Incisivi das mesiale Wurzelzement breiter als das distale (siehe Abb. 11).

Ergebnisse der Zementbreitenmessung entlang dem apikalen und dem cervikalen Drittel der Zahnwurzel

Es fällt wieder die häufig stärkere Ausbildung des Zementes an der mesialen Wurzelseite der oberen Incisivi auf und zwar in der apikalen wie in der cervikalen Region der Zahnwurzel. Im cervikalen Wurzeldrittel überwiegt in der Mehrzahl der Fälle bei allen Frontzähnen, außer dem unteren ersten Incisivus, das mesiale Wurzelzement. Dieses Überwiegen ist bei 1 % Irrtumswahrscheinlichkeit gesichert. Wechselnde Zementbreiten-Maxima, apikal auf der einen, cervikal auf der anderen Wurzelseite gelegen, kommen hier viel seltener vor,als dies in dem noch zu besprechenden oral-vestibulären Anteil des Wurzelzementmantels der Fall ist.

Die Zementbreitenverteilung in mesio-distaler Richtung wird schematisch in Abb. 11 gezeigt.

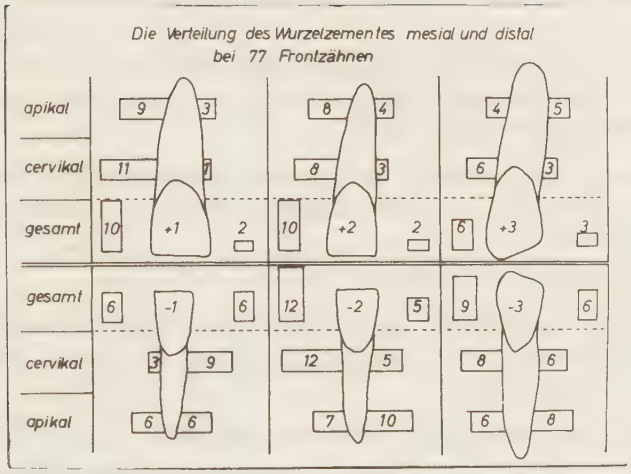


Abb. 11: Für die einzelnen Frontzähne ist die Zahl der Fälle angegeben, bei denen im apikalen Wurzeldrittel, im cervikalen Wurzeldrittel und entlang der gesamten Zahnwurzel die mesiale bzw. die distale Zementbreite überwiegt.

c) Der orale und der vestibuläre Anteil des Wurzelzementmantels

Ergebnisse der Zementbreitenmessung entlang der gesamten Zahnwurzel

Die Meßwerte wurden in derselben Weise wie bei dem in mesio-distaler Richtung vorgenommenen Zementbreitenvergleich gewonnen.

Es zeigt sich, daß bei den oberen Frontzähnen in den meisten Fällen die orale Wurzelseite mit mehr Zement belegt ist. Bei den unteren Frontzähnen ist meist das vestibuläre Zement breiter. Keine Seite hat eindeutig das Übergewicht (siehe Abb. 12).

Ergebnisse der Zementbreitenmessung entlang dem apikalen und dem cervikalen Drittel der Zahnwurzel

Die Verhältnisse sind hier charakterisiert durch den Wechsel der stärksten Zementbreite von der einen Wurzelseite apikal zur anderen cervikal.

Es empfiehlt sich, obere und untere Frontzähne gesondert zu betrachten, da sich ihr Zementmantel charakteristisch unterscheidet.

Obere Frontzähne:
Apikales Wurzeldrittel: In 84 % der Fälle liegt die größere Wurzelzementbreite oral. Der Effekt ist nach dem Zeichentest gesichert.

Cervikales Wurzeldrittel: In 87 % der Fälle findet man die größere Wurzelzementbreite vestibulär. Auch dieses Überwiegen ist signifikant.

Untere Frontzähne:
Apikales Wurzeldrittel: In 54 % der Fälle ist das vestibuläre Wurzelzement breiter.

Cervikales Wurzeldrittel: In 79 % der Fälle liegt auch hier das breitere Wurzelzement vestibulär. Der Unterschied ist signifikant.

Das folgende Schema zeigt die Zementbreiten-Verteilung in oral-vestibulärer Richtung bei den einzelnen Frontzähnen.

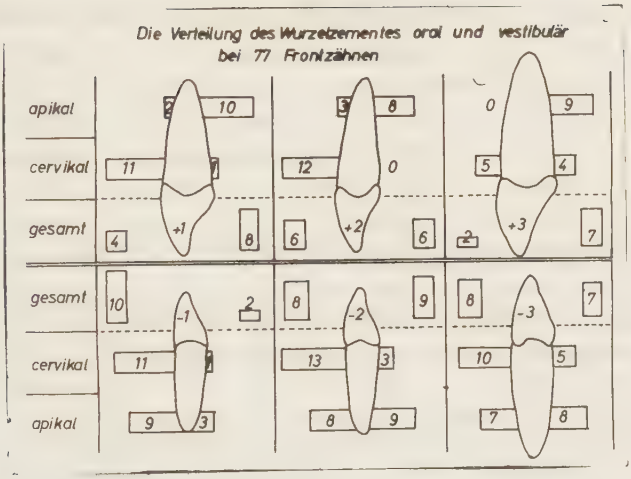


Abb. 12: Für die einzelnen Frontzähne ist die Zahl der Fälle angegeben, bei denen im apikalen Wurzeldrittel, im cervikalen Wurzeldrittel und entlang der gesamten Zahnwurzel die orale bzw. die vestibuläre Zementbreite überwiegt.

d) Zu den mesio-distalen und oral-vestibulären Zementbreitendifferenzen im cervikalen und im apikalen Wurzeldrittel

Die Zementbreitenunterschiede sind im cervikalen Bereich der Zahnwurzel geringer ausgeprägt als im apikalen. Eine Altersabhängigkeit, also etwa eine Zunahme der Zementbreitendifferenzen mit wachsendem Alter, ist nicht feststellbar.

Betrachtet man die Zementbreitendifferenzen im apikalen Wurzeldrittel, wo sie am stärksten ausgeprägt sind, und zwar für jede Frontzahngruppe gesondert, soerhält man folgendes Bild:

Zementbreiten-Differenz im apikalen Wurzeldrittel (in µ)

Zahn	in mesio-distaler Richtung	in vestibulo-oraler Richtung
+1+	48	120
+2+	57	93
+3+	73	164
+1-	42	48
-2-	31	65
-3-	63	93

Bei allen Frontzahngruppen ist die Zementbreitendifferenz in vestibulo-oraler Richtung größer als in mesio-distaler Richtung. Auffallend ist, insbesondere bei den Differenzen in vestibulo-oraler Richtung, daß sie offenbar mit der entsprechenden Zahngröße parallel gehen: Große Zähne besitzen apikal eine größere Zementbreitendifferenz als kleine Zähne (siehe auch Abschnitt C der Ergebnisse).

B. Die Wurzelzementbreiten der Frontzähne

Es ist von ZANDER (45) gezeigt worden, daß das Wurzelzement mit steigendem Alter an Breite zunimmt. Da Vergleiche der Wurzelzementbreiten also nur unter Zähnen etwa gleichalteriger Individuen zulässig sind, wurde das Material altersmäßig geordnet.

Versucht man jedoch die durchschnittliche Wurzelzementbreite in Abhängigkeit vom Alter in einem Koordinatensystem aufzuzeichnen, so zeigt es sich, daß die durchschnittliche Zementbreite auch unter Individuen der gleichen Altersgruppe sehr stark schwankt.

Es ist naheliegend, zu vermuten, daß jede Frontzahnart eine ihr eigene, charakteristische, durchschnittliche Zementbreite besitzt.

Man bildete nun Gruppen der oberen ersten Incisivi, der oberen zweiten Incisivi usw. und ordnete innerhalb der Gruppen wieder nach dem Alter. Trägt man die Werte für jede Gruppe in ein Koordinatensystem ein, wo die Zementbreite in Abhängigkeit vom Alter aufgezeichnet werden kann, so werden die Schwankungen der Zementbreiten in der gleichen Altersgruppe zwar geringer, sie sind aber immer noch recht groß. Das ist nicht verwunderlich, denn man ging bei dieser Arbeit von dem Gedanken aus, daß sich die Zementbreiten der Zähne aus parodontal erkrankten Gebissen von denen aus gesunden Gebissen unterscheiden. In dieser Hinsicht ist das Material ja gemischt. Folglich sind Schwankungen auch in derselben Altersgruppe zu erwarten.

Um trotzdem zu lesbaren Diagrammen für die Zementbreiten der Frontzahngruppen zu kommen, wurden die Schwankungen rechnerisch eingeengt, indem jeweils der Mittelwert der durchschnittlichen Zementbreite von vier altersmäßig benachbarten Individuen gebildet wurde. Dieser Wert bildete die eine Koordinate des Kurvenpunktes, die andere wird durch den Mittelwert der vier entsprechenden Lebensalter gewonnen.

Einen neuen Punkt der Kurve erhält man durch Weglassen der Daten des jüngsten Zahnes und unter Hinzufügung derer des nächstälteren Zahnes.

Die so entstandenen Kurven zeigen die durchschnittliche Zementbreite jeder Frontzahngruppe in Abhängigkeit vom Alter (siehe Abb. 13).

Nach denselben Prinzipien hat man auch die Wurzelzementbreiten des apikalen und des cervikalen Wurzeldrittels der Frontzähne aufgezeichnet (siehe Abb. 14).

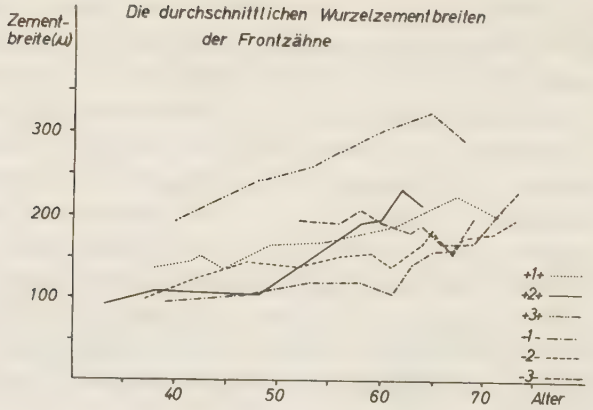


Abb. 13: Die durchschnittlichen Wurzelzementbreiten der Frontzähne in Abhängigkeit vom Alter

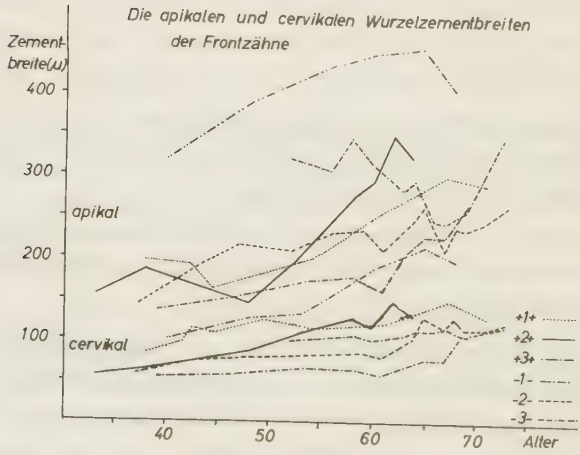


Abb. 14: Die apikalen und die cervikalen Wurzelzementbreiten der Frontzähne in Abhängigkeit vom Alter. Der Bereich der cervikalen Zementbreiten ist dunkler schraffiert als der Bereich der apikalen Zementbreiten

Der angenähert lineare Zuwachs der durchschnittlichen Wurzelzementbreite mit steigendem Alter ist außer bei den unteren Canini überall deutlich.

Betrachtet man die Zunahme der Zementbreiten im cervikalen Drittel des Zementmantels, so sieht man, daß in allen Fällen ein lineares Ansteigen in Abhängigkeit vom Alter fast ideal wiedergegeben ist.

Es ist vor allem das apikale Wurzelzement, welches stärker ausgeprägt, auch größeren Schwankungen der Zementbreiten unterliegt. Das apikale Wurzelzement verursacht im wesentlichen die Schwankungen der durchschnittlichen Zementbreiten.

Die Diagramme beweisen die ursprüngliche Vermutung, die Zementbreiten der einzelnen Frontzahngruppen seien unterschiedlich:

Die durchschnittliche Zementbreite der oberen Canini ist etwa doppelt so groß wie die der unteren ersten Incisivi. Die Zementbreite des apikalen Wurzeldrittels der oberen Canini ist sogar dreimal so groß wie die der unteren ersten Incisivi.

Im cervikalen Drittel der Zahnwurzel sind die Unterschiede der Zementbreiten der Frontzähne am geringsten. Aber auch dort haben die unteren ersten Incisivi die dünnste Zementschicht, die oberen Canini die dickste.

C. Die Abhängigkeit der Breite des Wurzelzementes von der Zahngröße

Es soll den beschriebenen Zementbreitenunterschieden der Frontzähne nachgegangen werden, um festzustellen, ob sie einer Gesetzmäßigkeit unterliegen, Wenn dies der Fall wäre, könnten rechnerisch die bestehenden Differenzen in der durchschnittlichen Zementbreite der sechs Frontzahngruppen ausgeschaltet werden; das Untersuchungsmaterial würde vergleichsfähig.

So wie das Material jetzt vorliegt ist es, wie folgendes Beispiel zeigen wird zu Vergleichen ungeeignet:

Nehmen wir an, es werde ein Vergleich der Wurzelzementbreiten von Zähnen aus parodontal gesunden Gebissen mit denjenigen aus parodontal erkrankten Gebissen durchgeführt. In einer der beiden Gruppen seien besonders viele untere Incisivi, welche sich durch einen relativ schwach ausgebildeten Zementmantel auszeichnen, so müßte das Ergebnis des Vergleiches verfälscht werden.

Um die Proportionen der durchschnittlichen Zementbreiten der Frontzähne untereinander zu finden, genügt es nicht, einfach die Mittelwerte der durchschnittlichen Zementbreite der einzelnen Gruppen zueinander ins Verhältnis zu setzen, da einmal die sechs Frontzahngruppen verschiedene Durchschnittsalter haben, die von 50 bis 64 Jahre variieren (die Zementbreite ist altersabhängig!) und zum anderen die Gruppen in sich inhomogen sind, d.h. Zähne von parodontal gesunden und parodontal erkrankten Individuen sind in verschiedenen Anteilen in den Frontzahngruppen gemischt. Wir nehmen aber an, daß unterschiedliche Zementbreiten in parodontal gesunden und in parodontal erkrankten Gebissen zu erwarten sind.

Zur Feststellung der Proportionen der durchschnittlichen Zementbreite der Frontzahngruppen untereinander sind Vergleiche der Zementbreite solcher Zähne angestellt worden, welche aus demselben Gebiß stammten.

Man nimmt an, daß auch bei einer generalisierten parodontalen Erkrankung die Proportionen der Wurzelzementbreiten von Frontzahn zu Frontzahn erhalten bleiben.

Lag an einem von mehreren einem Individuum entstammenden Zähnen isoliert eine parodontale Erkrankung vor (z.B. profunde Parodontitis durch Überbelastung), so wurde der Fall nicht zur Untersuchung herangezogen.

Lediglich unterschiedliche funktionelle Belastung schwächeren Grades der einem Gebiß entstammenden Zähne kann die Proportionen der Wurzelzementbreiten von Frontzahn zu Frontzahn verfälschen.

Da aber 63 Vergleiche angestellt wurden und diese sich verschieden zahlreich auf die bei sechs Frontzahngruppen möglichen 15 Vergleiche verteilten, bilden die anzugebenden Proportionen der Wurzelzementbreiten von Frontzahn zu Frontzahn Mittelwerte aus bis zu 9 Einzelwerten. Dieser Durchschnittswert engt die Fehlermöglichkeit weiter ein.

Der durchschnittlichen Wurzelzementbreite des oberen ersten Incisivus wurde der Wert 100 zugeteilt. Die Zementbreiten der übrigen Zähne sind dann in relativen Werten, bezogen auf diesen Zahn, angegeben worden.

Zahn:	+1+	+2+	+3+	-1-	-2-	-3-
Relative Zementbreite:	100	89	130	69	72	97

Der Gedanke liegt nahe, daß hier eine Abhängigkeit von der Zahngröße besteht. Es wurden daher auf dieselbe Weise wie bei der Wurzelzementbreite die durchschnittlichen Werte für die Zahnlänge, den Wurzeldurchmesser, die Wurzeloberfläche (gewonnen aus Wurzellänge x Wurzeldurchmesser x π) und den Pulpadurchmesser der einzelnen Frontzahngruppen untersucht.

Man stellt fest, daß für diese Werte von Frontzahn zu Frontzahn ähnliche Proportionen bestehen und daß diese Proportionen denen des Wurzelzementes gleichen (siehe Abb. 15).

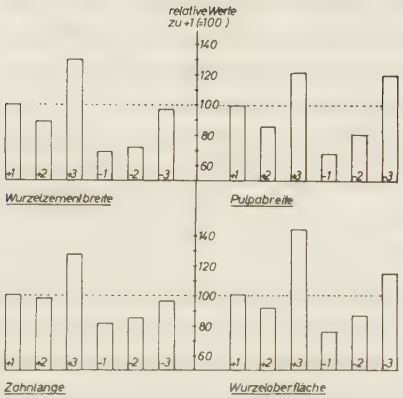


Abb. 15: Die Proportionen von Wurzelzementbreite, Pulpabreite, Zahnlänge und Wurzeloberfläche bei den Frontzähnen. Den Bezugswert liefert jeweils +1+

Diese Ergebnisse sagen aus, was man vermutet: Ein kleiner Zahn besitzt eine geringe durchschnittliche Zementbreite, eine kleine Wurzeloberfläche und eine geringe durchschnittliche Pulpabreite. Vermutlich sind die Relationen am Einzelzahn in gewissen Grenzen anlagegebunden.

D. Die Wurzelzementbreiten in gesunden und parodontal erkrankten Gebissen

Zementbreiten parodontal gesunder Gebisse werden mit den Zementbreiten aus Gebissen mit Parodontitis marginalis progressiva verglichen. In einem weiteren Abschnitt sollen entsprechende Vergleiche bei Zähnen aus insuffizienten und resistenten Gebissen angestellt werden.

Zuvor muß aber das Material für diese Untersuchung vergleichsfähig gemacht werden.

a) Rechnerische Ausschaltung des Einflusses der Zahngröße auf die Zementbreite

Mit Hilfe der noch anzugebenden Umrechnungsfaktoren soll, entsprechend den im Abschnitt C der Ergebnisse dargestellten Proportionen der Zementbreiten der Frontzähne untereinander, die geringe Zementbreite eines kleinen Zahnes angehoben bzw. die breite Zementschicht eines großen Zahnes vermindert werden. Auf diese Weise wird das Material homogener.

Die folgende Tabelle zeigt die Umrechnungsfaktoren für jede Frontzahngruppe. Die Werte sind von den im Abschnitt C der Ergebnisse angegebenen Proportionen der Zementbreiten der Frontzähne abgeleitet.

Zahn	:	+1+	+2+	+3+	-1-	-2-	-3-
Umrechnungsfaktor	:	$10/_{10}$	$10/_{9}$	$10/_{13}$	$10/_{7}$	$10/_{7}$	$10/_{10}$

Die Umrechnung geschieht dadurch, daß die Zementbreite der Frontzähne mit dem für sie angegebenen Faktor multipliziert wird.

Das folgende Diagramm zeigt die durchschnittliche Zementbreite der Frontzähne nach der Umrechnung. Man vergleiche dazu die Abbildung 13.

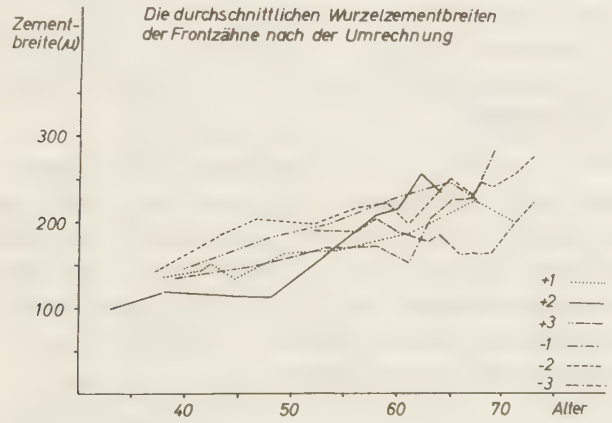


Abb. 16: Das Ergebnis der Umrechnung der durchschnittlichen Wurzelzementbreiten der Frontzähne

b) Die Wurzelzementbreiten bei progressiver marginaler Parodontitis im Vergleich zum parodontal Gesunden

Untersuchungsmaterial:
In der Gruppe der Gebisse mit progressiver marginaler Parodontitis liegen 33 Frontzähne von 17 Patienten vor. Es wurden nur solche Zähne verwendet, bei denen Zahnfleischtaschen über 4 mm und mindestens der Lockerungsgrad III (ARPA) bestanden. Bei allen Zähnen ist röntgenologisch ein Höhen- bzw. Seitenabbau von mindestens 2/3 der anatomischen Wurzellänge diagnostizierbar.

Da nur 8 Patienten ein parodontal einwandfreies Gebiß hatten, wurden der als "parodontal gesund" bezeichneten Gruppe weitere 8 Patienten zugefügt, bei denen eine Parodontitis marginalis superficialis bestand. Dieses Vorgehen ist wohl zulässig, da die geringe marginale Entzündung sicherlich keinen großen Einfluß auf die Zementapposition hat. Der weitaus größte Teil des Parodonts ist ja von der Erkrankung nicht berührt.

Insgesamt besteht also die als parodontal gesund bezeichnete Gruppe aus 16 Individuen, von denen 29 Zähne zur Untersuchung vorliegen.

In den Fällen, wo bei einem Individuum das Wurzelzement mehrerer Zähne vermessen worden war, wurde ein Mittelwert gebildet, da auch nach der Umrechnung eine gewisse Differenz der durchschnittlichen Zementbreiten der einzelnen Frontzähne verblieb. Dadurch wird die Fehlermöglichkeit weiter eingeschränkt.

Dieses Vorgehen empfiehlt sich auch aus einem anderen Grund: Würde jeder einzelne von mehreren bei einem Patienten extrahierten Zähnen in den Vergleich aufgenommen, so käme es dazu, daß ein Fall, bei dem z.B. 6 Frontzähne vermessen wurden, sechsmal mehr das Ergebnis des Vergleiches beeinflußt, als ein Fall, bei dem nur ein Frontzahn untersucht werden konnte.

Sind diese Vorbereitungen getroffen, so wird der jedem Individuum eigene Wert für die durchschnittliche Zementbreite seiner Frontzähne in derselben Weise, wie es im Abschnitt B der Ergebnisse für die Wurzelzementbreiten der Frontzähne geschildert worden ist, in Abhängigkeit vom Alter in ein Koordinatensystem eingetragen.

Ebenso wird mit den Werten für die apikale und die cervikale Region des Wurzelzementmantels verfahren.

In den folgenden Diagrammen wird die durchschnittliche, die apikale und die cervikale Zementbreite beider Gruppen verglichen.

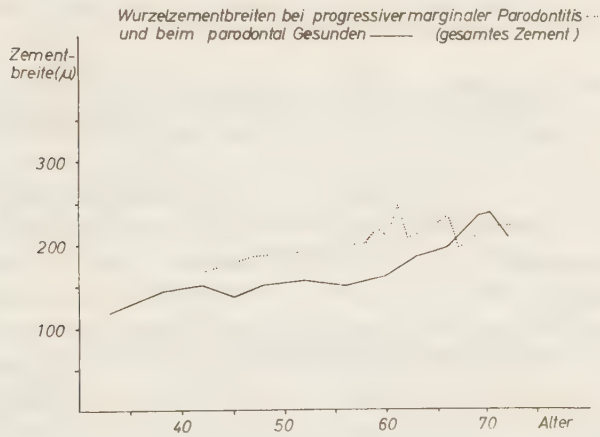


Abb. 17: Die durchschnittlichen Wurzelzementbreiten, gemessen über die gesamte Wurzel, bei progressiver marginaler Parodontitis und beim parodontal Gesunden.

Es zeigt sich, daß die durchschnittliche Zementbreite bei progressiver marginaler Parodontitis größer ist als beim parodontal Gesunden. Lediglich im Altersbereich um siebzig Jahre bleibt die durchschnittliche Zementbreite der bei Parodontitis marginalis progressiva extrahierten Zähne hinter der Zementbreite beim parodontal Gesunden zurück.

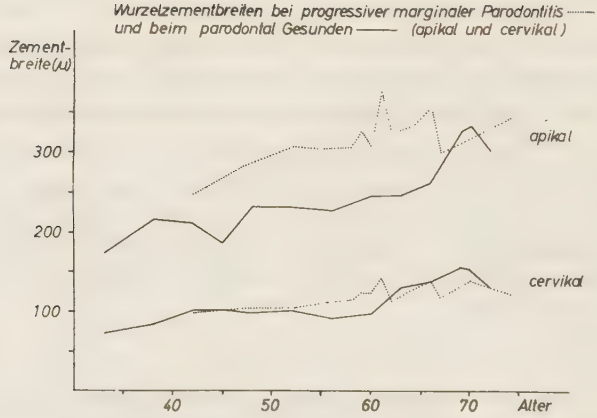


Abb. 18: Zementbreiten im apikalen und im cervikalen Wurzeldrittel bei progressiver marginaler Parodontitis und beim parodontal Gesunden

Sieht man sich die Zementbreiten im apikalen und im cervikalen Drittel der Zahnwurzel in den beiden Vergleichsgruppen an, so stellt man fest, daß das Zement im apikalen Wurzeldrittel bei Bestehen einer progressiven marginalen Parodontitis etwa 1,25 mal breiter ist als das Zement parodontal gesunder Gebisse. Im cervikalen Wurzeldrittel dagegen sind Unterschiede kaum ausgeprägt. In der Altersgruppe um 70 Jahre ist das Zement des parodontal Gesunden etwas breiter als das Zement eines parodontal Erkrankten.

c) Die Wurzelzementbreiten des parodontal resistenten Gebisses im Vergleich zu denen des parodontal insuffizienten Gebisses

Untersuchungsmaterial:
Der parodontal insuffizienten wie der parodontal resistenten Gruppe wurden auch die Fälle beigegeben, bei denen nur eine starke Tendenz zum einen oder zum anderen Verhalten des Gebisses diagnostiziert werden konnte; es handelt sich um die "relativ" resistenten bzw. insuffizienten Gebisse. Solche Fälle, bei denen die Diagnose nicht zweifelsfrei war, sind weggelassen worden.

Als Untersuchungsmaterial dienen bei der parodontal insuffizienten Gruppe 40 Frontzähne, welche von 20 Individuen stammen.

Bei der parodontal resistenten Gruppe lagen 23 Zähne von 14 Individuen vor.

Die Durchführung geschieht in derselben Weise wie beim vorausgegangenen Vergleich.

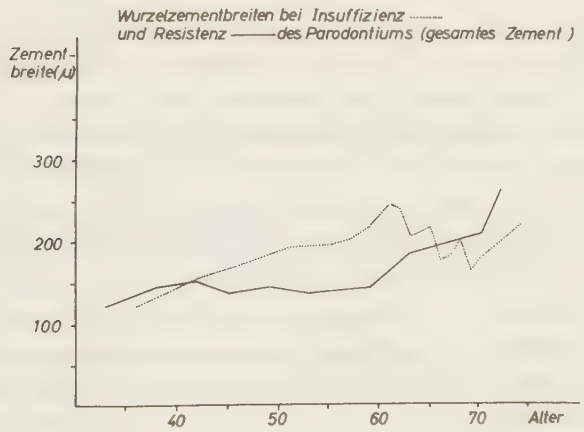


Abb. 19: Die durchschnittlichen Wurzelzementbreiten, gemessen über der gesamten Wurzel, bei Insuffizienz und bei Resistenz des Parodontiums

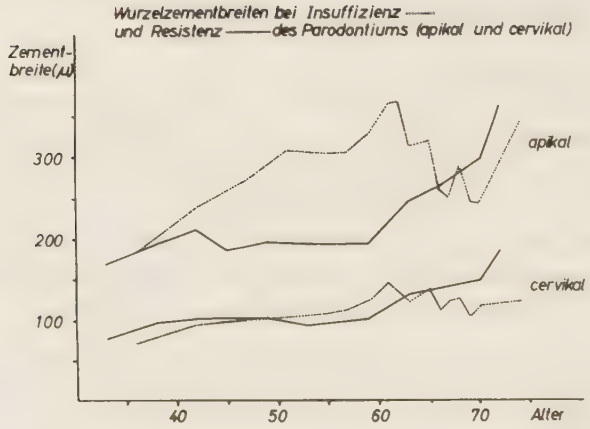


Abb. 20: Zementbreiten im apikalen und im cervikalen Wurzeldrittel bei Insuffizienz und bei Resistenz des Parodontiums

Aus den Diagrammen geht hervor, daß das parodontal resistente Gebiss eine geringere durchschnittliche Zementbreite besitzt als das parodontal insuffiziente Gebiß.

Im Altersbereich über 65 Jahre dreht sich das Verhältnis um. Der Unterschied kommt wieder am deutlichsten am apikalen Wurzelzement zum Ausdruck. Das Zement des parodontal insuffizienten Gebisses ist apikal bis zu 1,5 mal stärker ausgebildet als in der entsprechenden Wurzelregion beim parodontal resistenten Gebiß. In der cervikalen Region der Zahnwurzel sind Unterschiede in der Zementbreite nur schwach ausgeprägt.

Die gemessenen Unterschiede der Zementbreiten bei parodontal gesunden und erkrankten Individuen sind statistisch wegen der erforderlich gewordenen Umrechnungen nicht zu sichern.

E. Die Pulpabreiten der Frontzähne

Als Material für die Messung der Pulpabreite dienen 70 Frontzähne. Mit Sicherheit marktote Zähne wurden ausgesondert.

Wie bei der Untersuchung der Wurzelzementbreiten wurden wieder sechs Frontzahngruppen gebildet und innerhalb der Gruppen ist dann das Material altersmäßig geordnet worden. Die durchschnittlichen Pulpabreiten hat man dann in Abhängigkeit vom Alter in ein Koordinatensystem eingetragen (siehe Abbildung 21).

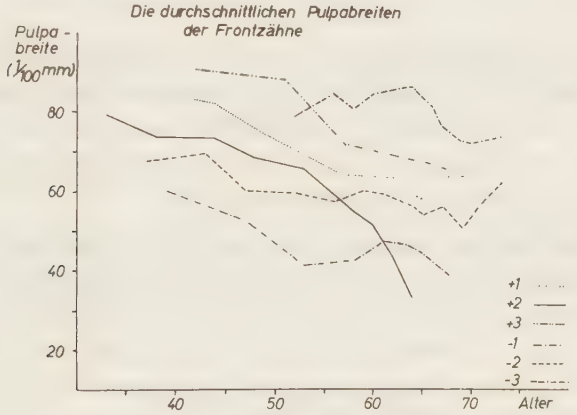


Abb. 21: Die durchschnittlichen Pulpabreiten der Frontzähne in Abhängigkeit vom Alter.

Das Abnehmen der Pulpabreiten mit zunehmendem Alter, bedingt durch die Sekundärdentinapposition, wird deutlich. Die Pulpabreiten der einzelnen Frontzahngruppen unterscheiden sich stark voneinander. Sie sind, wie aus Abschnitt C der Ergebnisse hervorgeht, von der Zahngröße abhängig. Wieder haben die unteren ersten Incisivi die geringste, die Canini die größte Pulpabreite.

Die Proportionen der Pulpabreiten der Frontzähne seien hier noch einmal angegeben; sie unterscheiden sich nur wenig von denen der Wurzelzementbreiten:

Zahn	:	+1+	+2+	+3+	-1-	-2-	-3-
Relative Pulpabreite	:	100	86	122	68	81	120

Der durchschnittlichen Pulpabreite der ersten oberen Incisivi ist der Wert 100 zugeteilt worden. Die übrigen Zahlen verstehen sich relativ zu diesem Wert.

Die Umrechnungsfaktoren für die durchschnittlichen Pulpabreiten der Frontzähne sind entsprechend folgende:

Zahn	:	+1+	+2+	+3+	-1-	-2-	-3-
Umrechnungsfaktor	:	$10/_{10}$	$10/_{9}$	$10/_{12}$	$10/_{7}$	$10/_{8}$	$10/_{12}$

Nach der Multiplikation der durchschnittlichen Pulpabreiten der Frontzähne ist der Einfluß der verschiedenen Zahngrößen auf die Pulpabreite ausgeschaltet, das Untersuchungsmaterial kann, da es jetzt homogen ist, zu Vergleichen herangezogen werden.

Man vergleiche dazu das Diagramm der durchschnittlichen Pulpabreiten der Frontzähne nach der Umrechnung mit der Abbildung 21.

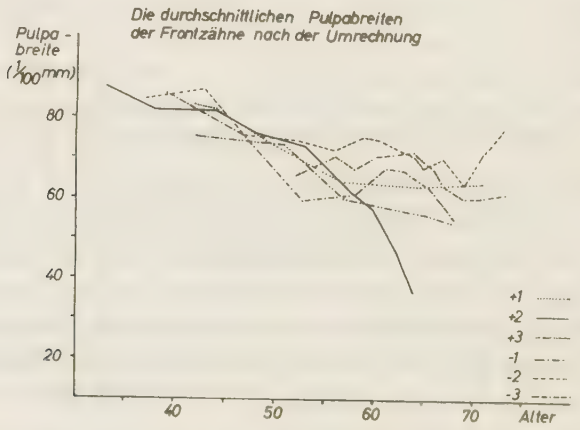


Abb. 22: Das Ergebnis der Umrechnung der durchschnittlichen Pulpabreiten der Frontzähne

F. Die Pulpabreiten in gesunden und parodontal erkrankten Gebissen

Mit dem durch die Umrechnung vergleichsfähig gemachten Material werden unter demselben Vorgehen, wie es im Abschnitt D der Ergebnisse für die Wurzelzementbreiten geschildert ist, Vergleiche der Pulpabreiten von Gebissen mit progressiver marginaler Parodontitis mit denen aus parodontal gesunden Gebissen vorgenommen.

In einem weiteren Abschnitt sollen entsprechende Vergleiche bei Zähnen aus parodontal insuffizienten und parodontal resistenten Gebissen angestellt werden.

a) Die Pulpabreiten bei progressiver marginaler Parodontitis im Vergleich zu denen beim parodontal Gesunden

Untersuchungsmaterial:
Bei der Gruppe mit progressiver marginaler Parodontitis stehen 28 Zähne von 17 Individuen zur Verfügung. Die Gruppe der parodontal Gesunden setzt sich ebenso zusammen,wie dies im Abschnitt D der Ergebnisse bei den entsprechenden Vergleichen des Wurzelzementes geschildert ist. Hier liegen 28 Zähne von 16 Individuen vor.

Vergleicht man die Pulpabreiten in Abhängigkeit vom Alter in den beiden Gruppen, so zeigt es sich, daß bei progressiver marginaler Parodontitis die Pulpa breiter ist als beim parodontal Gesunden (siehe Abbildung 23). Anders ausgedrückt: beim parodontal Gesunden liegt eine größere Sekundärdentinbreite vor als bei einem Patienten mit progressiver marginaler Parodontitis.

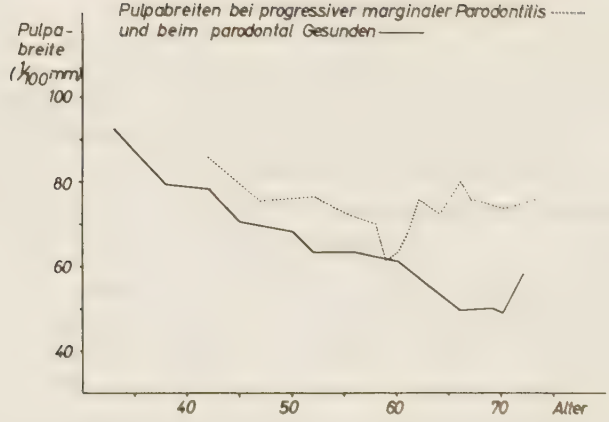


Abb. 23: Die durchschnittlichen Pulpabreiten bei progressiver marginaler Parodontitis und beim parodontal Gesunden

b) Die Pulpabreiten des parodontal resistenten Gebisses im Vergleich zu denen des parodontal insuffizienten Gebisses

Untersuchungsmaterial:
Bei der parodontal insuffizienten Gruppe liegen 35 Zähne von 20 Individuen vor. Bei der parodontal resistenten Gruppe sind es 20 Zähne von 13 Individuen. Nähere Einzelheiten sind im Abschnitt D der Ergebnisse nachzulesen. Vergleicht man die Pulpabreiten in Abhängigkeit vom Alter in beiden Gruppen, so findet man, daß beim parodontal insuffizienten Gebiß die Pulpa breiter bzw. die Breite des Sekundärdentins geringer ist als beim parodontal resistenten Gebiß.

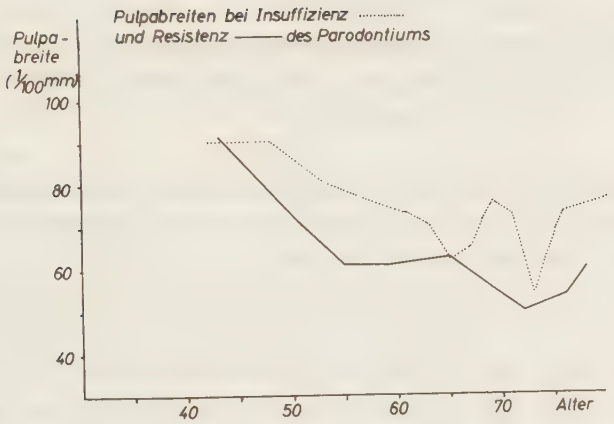


Abb. 24: Die durchschnittlichen Pulpabreiten bei Insuffizienz und bei Resistenz des Parodontiums

Die gemessenen Unterschiede der Pulpabreiten bei parodontal gesunden und erkrankten Individuen sind statistisch wegen der erforderlich gewordenen Umrechnungen nicht zu sichern.

V. Diskussion der Ergebnisse

A. Zu den Breitenunterschieden am Wurzelzementmantel der Frontzähne

a) Zu den Breitenunterschieden der mesialen und der distalen Abschnitte des Wurzelzementmantels der Frontzähne

Es seien noch einmal kurz die Ergebnisse der Messungen an der mesialen und distalen Seite des Wurzelzementmantels wiederholt:

1. Die größte durchschnittliche Zementbreite, gemessen entlang der vier Wurzelseiten, liegt in 84 % der Fälle mesial oder distal. D.h., in der Mehrzahl der Fälle ist die mesiale und distale Seite des Wurzelzementmantels breiter als die orale und vestibuläre Seite. Das Ergebnis ist statistisch gesichert.
2. Das mesial gelegene Zement, gemessen entlang der gesamten Zahnwurzel, ist in 70 % der Fälle breiter als das ebenso gemessene distale Zement. Der Unterschied ist statistisch gesichert.
3. Mißt man das Zement des apikalen und des cervikalen Wurzeldrittels gesondert, so fällt auf, daß cervikal in 64 % der Fälle das mesiale Wurzelzement breiter ist als das distale. Der Unterschied ist bei 1 % Irrtumswahrscheinlichkeit gesichert.
4. Der untere erste Incisivus folgt als einziger Frontzahn nicht dem beschriebenen Verhalten.
5. Die oberen Incisivi zeigen besonders häufig, in 20 von 24 Fällen, ein Überwiegen der mesialen Zementbreite gegenüber der distalen.

Über die Zementbreiten an der mesialen und der distalen Zahnwurzelseite konnte in der Literatur lediglich ein Beitrag von W. PRAEGER (40) gefunden werden.

Er stellt am Gebiß eines Falles von "Parodontalpyorrhoe" fest, daß an den distalen Zahnwurzelseiten das Zement häufig breiter ist als an den mesialen. Der Autor nimmt an, daß dieser Befund auf die Mesialwanderung der Zähne zurückzuführen sei. Dabei werde der distale Periodontalspalt breiter und analog einer dort feststellbaren Knochenapposition, sei auch Zement an der distalen Seite der Zahnwurzel abgelagert worden.

Im Jahre 1925 haben G. STEIN und J. WEINMANN (45) im vollständigen Gebiß einen kontinuierlichen Abbau von Knochen an der mesialen Alveoleninnenwand sowie einen Knochenanbau an der distalen Seite der Alveole festgestellt. Sie schlossen aus diesem Befund auf eine nach mesial gerichtete Wanderung der Zähne.

Auch die "interstitiären Reibungsflächen" (ZSIGMONDY) beweisen eine allmähliche Verschiebung der Zähne nach mesial. K. HÄUPL (20) gibt an, daß diese Mesialwanderung dadurch zustande kommt, daß "bei den verschiedenen artikulären Kieferbewegungen immer eine (Kraft-)Komponente nach vorn gegen die Mittellinie vorhanden" sei.

In Bezug auf das Zement beobachteten G. STEIN und J. WEINMANN (45) an der Zahnoberfläche, im Gegensatz zur knöchernen Alveole, während der Mesialwanderung keinerlei Veränderung, "obwohl auf der Zementoberfläche gleicher Gegendruck und Gegenzug wirken (wie beim Knochen) und beide (Knochen und Zement) die gleiche Matrix, das Dentalperiost, haben."

Messungen sind von den beiden Autoren nicht vorgenommen worden. Ihre Aussage stützt sich darauf, daß keine histologischen Merkmale einer Apposition oder Resorption am Wurzelzement gefunden wurden.

K. HÄUPL (20) hat jedoch nachgewiesen, daß auch das der Zementoberfläche anliegende Keimgewebe, wie dasjenige des Knochengewebes, auf funktionelle Reize zu reagieren vermag, nur, daß es weniger empfindlich ist. Unter diese funktionellen Reize fallen auch die "artikulären Kau-

bewegungen", welche nach K. HÄUPL für die Mesialwanderung ätiologisch in Frage kommen.

Es ist also durchaus möglich, daß die Umbauvorgänge im Parodontium während der Mesialwanderung auch am Zementmantel ihre Spuren hinterlassen, wenn sie auch wegen der erhöhten Reizschwelle des Keimgewebes des Zementes viel weniger auffallend sind als die entsprechenden Veränderungen am Knochengewebe.

Resorptionen, wie sie am Knochen unter physiologischen Umständen vorkommen, können nach B. GOTTLIEB (16) am Zement normalerweise nicht erwartet werden. Wurzelzement wird dauernd apponiert (H.A. ZANDER (47)).

Es stellt sich also für das Zement in diesem Zusammenhang nur die Frage, an welcher Stelle es schneller abgelagert wird und warum es an dieser Stelle schneller abgelagert wird.

Nimmt man wie W. PRAEGER (40) die Mesialwanderung als ursächlich für die mesio-distale Zementverteilung an und ist man mit K. HÄUPL (20) darüber einig, daß die Mesialwanderung durch die Kaufunktion bedingt ist, dann folgt aus dem Befund dieser Arbeit, daß in den Zonen vorwiegender Druckerschütterungen, also in diesem Falle mesial, die Bedingungen für eine Zementapposition günstiger sind. Dort ist aber nach G. STEIN und J. WEINMANN (45) der Ort, an dem Knochen resorbiert wird.

So gesehen widerspricht dieser Befund der heute vorherrschenden Meinung, das Zement verhalte sich unter funktionellen Einwirkungen knochenähnlich.

Der eingangs mit der Nummer eins bezeichnete Befund zeigt, daß die distale Seite des Wurzelzementmantels, wenn auch meist dünner ausgebildet als die mesiale, doch immer noch breiter ist als die orale und vestibuläre Seite des Zementmantels.

Wenn man von denselben Voraussetzungen ausgeht wie bei der Betrachtung der Verhältnisse an der mesialen Wurzelseite, so muß man annehmen, daß es auch an der Seite,

an welcher während der Umbauvorgänge im Verlauf der Mesialwanderung vorwiegend Zugerschütterungen auftreten, immer noch zu einer intensiveren Zementapposition kommt als an der oralen und vestibulären Wurzelseite.

In diesem Zusammenhang sollte man auch daran denken, ob die mesiale und distale Seite des Wurzelzementmantels nicht schon anlagemäßig breiter ausgebildet sind als die oralen und vestibulären Anteile des Zementmantels.

Messungen der Zementbreiten von retinierten und verlagerten Zähnen könnten hier weiterhelfen.

Der Befund Nummer drei zeigt, daß im cervikalen Wurzeldrittel das mesiale Zement häufig breiter ausgebildet ist als das der Gegenseite, während im apikalen Wurzeldrittel eine Regelhaftigkeit weniger zu Tage tritt.

Die Abbildungen aus der Arbeit G. STEIN's und J. WEINMANN's zeigen, daß cervikal die Zahnwanderung nach mesial offenbar etwas schneller vor sich geht als apikal. Dies zeigt sich daran, daß sich von apikal nach cervikal die Masse des frisch apponierten Knochens an der distalen Alveolenwand vermehrt. Unter Umständen ist dadurch das häufige Überwiegen des mesialen Anteiles des cervikalen Wurzelzementmantels bedingt.

Apikal sind mesiale wie distale Wurzelseite annähernd gleich oft mit breiterem Zement belegt.

Es hat sich gezeigt, daß der untere erste Incisivus die geschilderten Verhältnisse nicht aufweist. Er macht normalerweise auch keine Mesialwanderung durch.

Bei den oberen Incisivi überwiegt am häufigsten die Breite des mesialen Wurzelzementes über die des distalen. Möglicherweise hängt dies mit dem charakteristischen Einstellungsmodus dieser Zähne in die Okklusionsebene zusammen. In der letzten Phase dieses Vorganges werden die coronalen Abschnitte der oberen Incisivi nach mesial verschoben.

Zum Schluß dieses Abschnittes muß darauf hingewiesen werden, daß bei dieser Untersuchung einzeln stehende

Zähne mit berücksichtigt wurden, ferner, daß gesunde und parodontal erkrankte Zähne gemischt in das Ergebnis eingingen, was bei einer Untersuchung orthischer Zustände nicht korrekt ist.

b) Zu den Breitenunterschieden der oralen und der vestibulären Abschnitte des Wurzelzementmantels der Frontzähne

Daß die Funktion auch das Wurzelzement zu formen vermag, zeigt sich deutlich bei Messungen des Zementmantels in oral-vestibulärer Ebene. Wie A.M. Schwarz 1928 in Modellversuchen zeigen konnte, sind einwurzelige Zähne unter der Einwirkung der Funktion physikalisch gesehen als zweiarmige Hebel zu betrachten.

Man findet in oral-vestibulärer Ebene einen charakteristischen Wechsel der stärksten Zementbreite von der einen Wurzelseite cervikal zur anderen apikal. Warum diese spezifische Formung des Wurzelzementmantels durch den zweiarmigen Hebel Zahn gebildet wird, konnten in neuester Zeit GEPPERT und MÜLLER (11) an Incisivi und Canini zeigen. Entsprechend der vorwiegenden Richtung der Krafteinwirkung auf den Zahn unterteilen sie die Wurzeloberfläche in "Druck"- und "Zug"- Zonen und stellen schließlich ein Gesetz der Abhängigkeit der Zementapposition von funktionellen Reizen auf. Die Zementapposition soll demzufolge proportional dem auf die Wurzeloberfläche ausgeübten Zug ansteigen. In "Druckzonen" der Wurzeloberfläche sei dagegen die Zementstärke vermindert.

Die vorliegenden Meßwerte von 33 oberen und 44 unteren Frontzähnen führen allerdings zu einem anderen Ergebnis. Wegen des unterschiedlichen Verhaltens der oberen und der unteren Frontzähne seien beide Gruppen getrennt besprochen:

Obere Frontzähne:
Die alternierende Lage der größeren Zementbreite, von der einen Wurzelseite apikal, zur anderen Wurzelseite cervikal, ist ausgeprägt. In der überwiegenden Zahl der Fälle liegen jedoch die größeren Zementbreiten im apikalen wie im cervikalen Wurzeldrittel dort, wo nach GEPPERT und MÜLLER (11) eine geringe Zementbreite vorzufinden wäre. Sie liegen an Orten der Wurzeloberfläche, welche von den beiden Autoren als "Druckzonen" bezeichnet werden. Die größeren Zementbreiten liegen nach unseren Befunden im apikalen Wurzeldrittel meist oral, im cervikalen Wurzeldrittel meist vestibulär.

Von 33 oberen Frontzähnen folgen in Bezug auf die Verhältnisse im apikalen Wurzeldrittel 5 Zähne von 4 Individuen nicht dem angegebenen Verhalten. Bei einem von diesen Fällen lag eine progene Verzahnung vor.

Von 33 oberen Frontzähnen folgen in Bezug auf die Verhältnisse im cervikalen Wurzeldrittel 5 Zähne von 4 anderen Individuen nicht dem angegebenen Verhalten. Bei dem Fall, von dem 2 Zähne stammen, lag ein Kopfbiss vor.

Bei allen beschriebenen Ausnahmefällen fand sich eine Ausnahme vom Regelverhalten nur an einem Wurzelende, während die Zementverteilung am anderen Ende der Zahnwurzel dem Regelverhalten folgte.

In keinem Fall wurden die von GEPPERT und MÜLLER (11) beschriebenen Verhältnisse vorgefunden.

Es soll noch hinzugefügt werden, daß bei den oberen Frontzähnen 7 Fälle mit progressiver marginaler Parodontitis mit ausgewertet wurden. Sie liefern 4 der beschriebenen Ausnahmen.

Untere Frontzähne:
Im cervikalen Wurzeldrittel wird der Befund von GEPPERT und MÜLLER (11) bestätigt: In 34 von 43 Fällen findet man vestibulär breiteres Zement als oral.

Im apikalen Wurzeldrittel überwiegt keine der beiden Seiten des Zementmantels eindeutig: In 55 % der Fälle überwiegt das vestibuläre Zement das orale an Breite, in 45 % der Fälle ist es umgekehrt.

Es muß hinzugefügt werden, daß unter den vermessenen unteren Frontzähnen 59 % bei Bestehen einer progressiven marginalen Parodontitis extrahiert worden waren.

Untersucht man nur die 18 nicht wegen progressiver marginaler Parodontitis extrahierten Zähne gesondert, so verändert sich das Ergebnis nicht wesentlich:

14 von 18 unteren Frontzähnen haben cervikal vestibulär breiteres Wurzelzement als cervikal oral. Apikal ist die Verteilung der größeren Zementbreite 9 zu 9 ausgeglichen. Während bei den oberen Frontzähnen das Alternieren der größeren Zementbreiten von einer Seite der Zahnwurzel apikal, zur anderen cervikal die Regel ist, zeigen die 18 nicht parodontal erkrankten unteren Frontzähne nur in 33 % der Fälle dieses Verhalten. In diesen Fällen liegt die größere Zementbreite in der cervikalen Region der Zahnwurzel vestibulär, in der apikalen Region oral. Diese Fälle entsprechen dem von GEPPERT und MÜLLER (11) beschriebenen Verhalten.

Im Anschluß an diesen deskriptiven Abschnitt sollen einige Überlegungen darüber angestellt werden, wie es zu der beschriebenen Zementverteilung kommen kann. Eine schematische Zeichnung gibt noch einmal die Orte an, an denen es entlang der Zahnwurzel zu einer im Vergleich zur gegenüberliegenden Wurzelseite verstärkten Zementapposition kommt. Apikal des unteren Frontzahnes ist ein Befund nicht eingetragen, da die Zementbreite im apikalen Wurzeldrittel der unteren Frontzähne in annähernd der gleichen Zahl der Fälle an der oralen oder an der vestibulären Wurzelseite stärker ist.

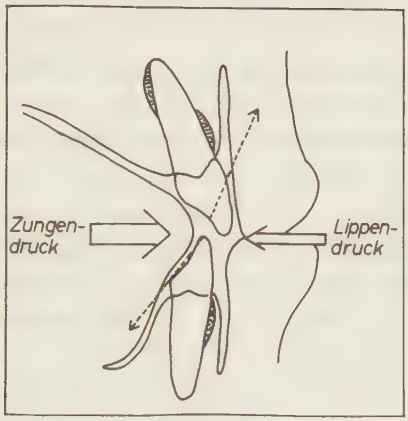


Abb. 25:

Für die oberen und die unteren Frontzähne sind die Orte der Zahnwurzel angegeben, an denen im Vergleich zur gegenüberliegenden Wurzelseite in der Mehrzahl der Fälle eine stärkere Zementbreite bzw. Zementapposition vorkommt. - Die Richtung der in der Sagittalebene auf die Frontzahnkronen einwirkenden Kräfte ist eingetragen. Der Zungendruck wirkt intermittierend, die Lippenmuskulatur liegt den Zahnbögen dauernd an. Die Kaudruckresultanten sind nach E.G. GEPPERT und K.H. MÜLLER eingezeichnet.

Die in der Sagittalebene auf die Frontzahnkronen einwirkenden Kräfte sind angegeben, da man heute allgemein der Ansicht ist, daß die "sanduhrartige" (J. REICHBORN (41, 42)) Formung des Zementmantels funktionell bedingt ist. Außer den antagonistischen Zähnen hat auch die benachbarte Weichteilmuskulatur die Möglichkeit, die Zähne und die umliegenden Stützgewebe unmittelbar zu beeinflussen (J. ESCHLER (6)).

Bei Bewegungen, welche das differenzierte Gewebe ausführt, ob es sich um Zementgewebe, Bindegewebsbündel oder Knochengewebsplatten oder Knochenbälkchen handelt, wird das anliegende Gewebe in Erschütterung versetzt, die bei entsprechender Stärke gewebsbildend ist (J. ESCHLER (6)). Der Zahn als zweiarmiger Hebel hat seinen Drehpunkt etwas apikal der Mitte der klinischen Wurzel, Die Lage des Drehpunktes ist jedoch nicht feststehend; der Drehpunkt bewegt sich im Raum eines Ellipsoides, da der Zahn infolge der Elastizität des Parodonts bei axialer Belastung

auch intrudiert werden kann (E.G. GEPPERT und K.H. MÜLLER (11)). Aus diesen Tatsachen und wohl auch auf Grund der Pulsation des Zahnes (M. HOFMANN und R. DIEMER (23)) erklärt sich die Sanduhrform des Zementmantels, denn in der Nähe des Drehpunktes des Zahnes sind die Erschütterungen des Keimgewebes am geringsten, dort wird auch am wenigsten Zement abgelagert. Je mehr man sich vom Drehpunkt entfernt, desto größer werden die Erschütterungen, desto mehr Zementgewebe wird gebildet.

Aus dem Ergebnis der Messungen geht hervor, daß auch auf gleicher Höhe der Zahnwurzel und in derselben (oral-vestibulären) Ebene noch deutliche Unterschiede in der Zementbreite auftreten, wie dies auch E.G. GEPPERT und K.H. MÜLLER (11) schon gezeigt haben.

Die Erschütterungen sind in gleicher Entfernung vom Drehpunkt zwar quantitativ gleich, qualitativ aber verschieden. Dieser qualitative Unterschied der Erschütterungen verursacht das beschriebene Alternieren der größeren Zementbreite von der einen Wurzelseite apikal zur anderen cervikal. In eben derselben Weise wechselt auch die Qualität der Erschütterungen. Daher haben GEPPERT und MÜLLER (11) die Wurzeloberfläche in "Druck"- und "Zugzonen" unterteilt.

Um eine Antwort auf die Frage zu bekommen, ob Druckerschütterungen oder Zugerschütterungen die besseren Bedingungen für eine Zementapposition schaffen, sollen die Verhältnisse an den oberen Frontzähnen betrachtet werden.

Diese Zähne sind nicht nur auf Grund ihrer einfachen Wurzelform für eine solche Untersuchung gut geeignet. Bei ihnen ist auch über die hauptsächliche Krafteinwirkungsrichtung am einfachsten Klarheit zu bekommen, denn Kaudruckresultante und Zungendruck wirken auf die Zahnkrone nahezu gleichsinnig ein: Beide Kräfte führen zu einer annähernd gleichen Bewegung der beiden Hebelarme des Zahnes.

Nach W. SCHULTE und E. MILLER (43) verhält sich der Zungendruck zum Lippendruck bei unwillkürlichen Bewegungen wie 2 : 1. Man darf wohl annehmen, daß der Lippendruck gegenüber dem intermittierend wirkenden Kaudruck und Zungendruck die schwächere Kraft ist.

Aus den angegebenen Verhältnissen kann also geschlossen werden, daß die Resultante der an den Zahnkronen oberer Frontzähne angreifenden intermittierenden Kräfte von oral unten mehr oder weniger steil nach vestibulär und oben weist. Dem Umstand, daß die Kräfte nicht axial auf den Zahn einwirken, sondern daß eine starke oral-vestibuläre Kraftkomponente vorhanden ist, ist es zu verdanken, daß cervikal-vestibulär sowie apikal-oral vorwiegend Druckerschütterungen und cervikal-oral sowie apikal-vestibulär vorwiegend Zugerschütterungen auftreten.

Unseren Befunden zufolge befinden sich die größeren Zementbreiten in Bereichen vorwiegender Druckerschütterungen. Unter 33 oberen Frontzähnen war kein Fall, bei dem apikal und cervikal im Bereich vorwiegender Zugerschütterungen eine größere Zementbreite vorlag.

Wir müssen daher annehmen, daß unter Druckerschütterungen die Zementapposition intensiver ist.

Die Formung des Wurzelzementmantels unterer Frontzähne ist nicht so eindeutig, wie die des Zementmantels oberer Frontzähne. Möglicherweise beruht dies darauf, daß bei den unteren Frontzähnen Kaudruckresultante und Zungendruck sich entgegen wirken.

In der apikalen Region des Wurzelzementmantels unterer Frontzähne ist kein bestimmtes Verhalten ausgeprägt. In der cervikalen Region überwiegt dagegen in den meisten Fällen das vestibuläre Zement das orale an Breite.

Angesichts der Befunde an den oberen Frontzähnen neigen wir dazu, den Zungendruck für die stärkere Ausbildung des Zementes cervikal-vestibulär an den unteren Frontzähnen verantwortlich zu machen.

c) Zu den Zementbreitendifferenzen im apikalen Wurzeldrittel der Frontzähne

Wie sehr die Funktion formend auf den Zementmantel einwirkt, zeigt sich besonders deutlich an den Werten der Zementbreitendifferenzen im apikalen Wurzeldrittel der Frontzähne.

Es scheint, daß die apikalen Zementbreitendifferenzen die Exkursionen des apikalen Hebelarmes des Zahnes wiedergeben:

1. Die Zementbreitendifferenzen sind in mesio-distaler Richtung bei allen Frontzahnarten geringer ausgeprägt als in oral-vestibulärer Richtung.

Die Exkursionen des apikalen Wurzelanteiles in mesio-distaler Richtung sind normalerweise geringer als die Exkursionen in oral-vestibulärer Richtung, da Kräfte, die in mesio-distaler Richtung auf die Zahnkrone einwirken, vom Block der Nachbarzähne mit aufgenommen werden, was bei den in oral-vestibulärer Richtung auf die Zahnkrone einwirkenden Kräften nicht der Fall ist. Die Folge ist ein stärkeres Ausschwingen des apikalen Hebelarmes der Zähne in oral-vestibulärer Richtung.

2. Die Zementbreitendifferenzen in oral-vestibulärer Richtung gehen der Zahngröße in etwa parallel.

Der apikale Hebelarm eines großen Zahnes ist länger als der eines kleinen Zahnes, seine Exkursionen sind größer und die Erschütterungen des umliegenden Keimgewebes sind stärker, sowohl die Druck- als auch die Zugerschütterungen. Nach unseren Befunden kommt es dann am Orte vorwiegender Druckerschütterungen zu einer intensiveren Zementapposition, welche die Zementbreitendifferenz verursacht.

B. Zu den Wurzelzementbreiten der Frontzähne

Messungen der Wurzelzementbreiten an größerem Material sind erstmals 1947 von O. LESKIEN (33) durchgeführt worden. Für seine Messungen verwendete er alle Zähne gleichermaßen und nahm auf Altersunterschiede der Zähne keine Rücksicht. Zu jener Zeit war die Abhängigkeit der Zementbreite vom Alter noch nicht bewiesen. Die sehr große Schwankungsbreite der aus diesem Material gewonnenen Werte verhinderte ein eindeutiges Ergebnis. Zum Ende seiner Arbeit stellte der Autor die Forderung, zu einer solchen Untersuchung gleiche Arten von Zähnen zu verwenden, bei denen zudem etwa gleichartige funktionelle Belastungsverhältnisse herrschen.

H.A. ZANDER (47) hat dann 1958 bei einwurzeligen Zähnen die kontinuierliche Zementapposition bzw. die Abhängigkeit der Wurzelzementbreite vom Alter zeigen können. Seinen Untersuchungen zufolge steigt die Zementbreite mit zunehmendem Alter in der Weise linear an, daß sich die durchschnittliche Wurzelzementbreite zwischen dem 17. und dem 57. Jahr nahezu verdreifacht.

Um den Ergebnissen dieser beiden Arbeiten gerecht zu werden, wurde in dieser Untersuchung von jeder Zahnart eine Gruppe gebildet, diese wurde altersmäßig geordnet, und schließlich ist die Zementbreite der Zähne in Abhängigkeit vom Alter in ein Koordinatensystem eingetragen worden.

Im wesentlichen werden die Ergebnisse H.A. ZANDER's bestätigt. Wenn die in dieser Arbeit gezeigten Diagramme der Zementbreiten der Frontzähne nicht in allen Fällen einen linearen Anstieg mit zunehmendem Alter zeigen (-3-!), so liegt das daran, daß unser Material gemischt gesunde und parodontal erkrankte Zähne enthält, während ZANDER in seiner Untersuchung nur Zähne von parodontal gesunden Individuen verwendet hat.

C. Zur Abhängigkeit der Breite des Wurzelzementes von der Zahngröße

Es hat sich gezeigt, daß die Zementbreiten der einzelnen Frontzahnarten voneinander verschieden sind. Kleine Zähne besitzen einen dünneren Zementmantel als große Zähne. Auch die Pulpa ist bei einem kleinen Zahn entsprechend klein ausgebildet. Die Größe des gesamten Zahnes, der Pulpa und des Zementmantels befinden sich offenbar anlagegebunden in einer konstanten Proportion zueinander. Ist der Zahn in Funktion, so können auf dieser Basis während des Lebens in gewisser Weise die Relationen verändert werden, etwa durch die physiologische Verkleinerung des Pulpalumens oder durch die physiologische Verbreiterung des Zementmantels. Es bleibt aber immer der anlagebedingte Vorsprung der Zementbreite z.B. eines oberen Caninus gegenüber einem unteren Incisivus aus demselben Gebiß bestehen.

Es erscheint also nicht nur berechtigt, sondern sogar erforderlich, für jeden Vergleich unter den verschiedenen Frontzähnen das anlagebedingte Überwiegen der Zementbreiten großer Zähne gegenüber kleinen auszuschalten. Wie dies geschehen ist, wurde in den Abschnitten C und D der Ergebnisse geschildert.

D. Zu den Zementbreiten in gesunden und parodontal erkrankten Gebissen

Seit B. GOTTLIEB dem Zement eine wichtige Stellung in der Ätiologie parodontaler Erkrankungen zumaß, ist von verschiedenen Seiten versucht worden, durch exakte Messungen den Hypothesen B. GOTTLIEB's nachzugehen.

Anders als GOTTLIEB vermutete, fand D. ANTONIOTTI (1) an "pyorrhoischen" Zähnen in einem größeren Prozentsatz eine Zementhyperplasie als an "abgekauten" Zähnen. Auch E.L. HINRICHSEN (21) gibt an, daß im "pyorrhoischen" Gebiß größere Zementbreiten auftreten als im Abrasionsgebiß. Schließlich findet auch W. PRAEGER (40) in einem Fall von "Parodontalpyorrhoe" sehr breites Wurzelzement. Die beiden letzteren Autoren haben allerdings zusammen nur vier Fälle untersucht, bei diesen jedoch alle Zähne. Die Abhängigkeit der Wurzelzementbreite vom Alter ist bei diesen Untersuchungen nicht berücksichtigt worden. Erst H.A. ZANDER, zusammen mit B. HÜRZELER (24), haben diese Abhängigkeit in einer Arbeit über die Zementapposition bei parodontal erkrankten Zähnen berücksichtigt. Ihr Befund stützt sich auf Zementbreitenmessungen an 83 einwurzeligen, parodontal erkrankten Zähnen. Diese Werte wurden mit denen aus parodontal gesunden Gebissen verglichen. Es ergibt sich, daß parodontal erkrankte Zähne über alle Altersstufen hinweg eine geringere Zementbreite besitzen als parodontal gesunde Zähne. Mit zunehmendem Alter werde außerdem die Zementapposition bei parodontal erkrankten Individuen schwächer, während sie beim Gesunden weiterhin gleichmäßig fortbesteht.

a) Zu den Wurzelzementbreiten bei progressiver marginaler Parodontitis im Vergleich zu denen des parodontal Gesunden

Das Material für die Zementbreitenmessungen bei Bestehen einer progressiven marginalen Parodontitis wurde nach denselben Prinzipien ausgewählt, wie dies auch B. HÜRZELER und H.A. ZANDER (24) taten. Während aber diese alle einwurzelige Zähne zur Untersuchung heranzogen, hat man sich in dieser Arbeit auf Frontzähne beschränkt, da diese unter eher vergleichbaren funktionellen Einwirkungen stehen.

Trotz des annähernd gleichartigen Untersuchungsmaterials führt die vorliegende Arbeit zu Ergebnissen, welche denen der ersten Untersucher näherstehen.

Bis zu einem Alter von über 65 Jahren ist bei Bestehen einer progressiven marginalen Parodontitis die Wurzelzementbreite größer als beim parodontal Gesunden.

Während das cervikale Wurzelzement beider Gruppen keine wesentlichen Breitenunterschiede aufweist, ist das apikale Wurzelzement bei Bestehen einer progressiven marginalen Parodontitis erheblich breiter als beim parodontal Gesunden. In höherem Alter läßt offenbar, wie dies auch H.A. ZANDER (24) festgestellt hat, die Wurzelzementapposition bei Individuen mit progressiver marginaler Parodontitis nach. Im parodontal gesunden Gebiß nimmt dagegen die Zementbreite weiterhin annähernd linear zu. So kommt es schließlich in höherem Alter dazu, daß parodontal gesunde Gebisse breiteres Zement aufweisen als solche Gebisse, bei denen eine progressive marginale Parodontitis besteht.

Die Befunde einiger neuer Arbeiten, die sich zwar nicht mit den Auswirkungen der progressiven marginalen Parodontitis auf das Wurzelzement direkt befassen, seien trotzdem hier angeführt, denn sie sind durchaus mit den Ergebnissen dieser Untersuchung zu vereinbaren:

A.G. GUSTAFSON und P. PERSON (18) haben mit Hilfe der Polarisationsmikroskopie den Verlauf der Sharpey'schen Fasern in Zement und Knochen untersucht. Sie kommen zu der Annahme, daß eine Zementapposition notwendig wird, wenn der Zahn einer dauernden Lageveränderung unterworfen ist, denn durch Biegung werden die Sharpey'schen Fasern geschädigt.

Bei der progressiven marginalen Parodontitis werden die Sharpey'schen Fasern insbesondere durch entzündlich bedingte Fibrolyse und Überbelastung der noch funktionstüchtigen Restfasern geschädigt. Eine verstärkte Zementapposition kann als reaktives Geschehen aufgefaßt werden, das eventuell neu gebildeten Sharpey'schen Fasern eine Insertionsmöglichkeit am Zahn bietet (D.A. KERR (27)). Die dauernde Neubildung periodontaler Fasern als Ersatz geschädigter Sharpey'scher Fasern, auch unter physiologischen Bedingungen, ist nach D.A. KERR (27) der Grund der kontinuierlichen Zementapposition. Es könnte also durchaus möglich sein, daß die progressive Zerstörung periodontaler Fasern bei progressiver marginaler Parodontitis zu einer intensiveren Zementapposition führt. Man könnte sich den Vorgang so vorstellen, daß mit zunehmender Zerstörung periodontaler Fasern die Zahnbeweglichkeit größer wird. Dadurch werden aber auch die Erschütterungen des Keimgewebes heftiger und eine intensivere Zementapposition setzt ein, welche neu gebildeten Sharpey'schen Fasern Insertionsstellen am Zement bieten kann.

Es sei noch der Befund von Y. MURAKI (37) angeführt, der im Rahmen einer vergleichenden anatomischen Studie an Säugetierzähnen zu dem Schluß kommt, daß solche Zähne ein breiteres Wurzelzement besitzen, welche eine größere Beweglichkeit im Kieferknochen haben.

Daß es schließlich in höherem Alter bei parodontal erkrankten Gebissen doch zu einer Abnahme der Zementapposition kommt, hängt wohl mit einer altersbedingten Mesenchym bzw. Zementoblastenschwäche zusammen, die sich bei

einem parodontal Erkrankten früher manifestiert als bei einem parodontal Gesunden.

b) Zu den Wurzelzementbreiten des parodontal resistenten Gebisses im Vergleich zu denen des parodontal insuffizienten Gebisses

Die Vergleiche der Wurzelzementbreiten im parodontal insuffizienten und im parodontal resistenten Gebiß wurden angestellt, um zur Klärung der Reaktionsweise auch des trägsten der parodontalen Gewebe bei bestehender Insuffizienz bzw. Resistenz des Parodontiums beizutragen. Die Verhaltensweise von parodontalem Knochen und Periodontium in diesem Zusammenhang ist durch die Arbeiten von FRÖHLICH (8, 9, 10) bekannt.

Resistenz des Parodontiums liegt dann vor, wenn auf jede Änderung der funktionellen Inanspruchnahme des Parodonts die parodontalen Gewebe mit einem konstruktiven Umbau antworten, der zu einer neuen, stabilen Gleichgewichtslage führt.

Bei der Insuffizienz des Parodontiums ist diese Anpassungsfähigkeit nicht mehr gegeben. Progressive Umbauprozesse mit überwiegendem Abbau beherrschen das Bild.

Vergleiche der Zementbreiten in 20 parodontal insuffizienten und 14 parodontal resistenten Gebissen zeigen, daß beim parodontal insuffizienten Gebiß die durchschnittliche Zementbreite größer ist als beim parodontal resistenten Gebiß. Es wird deutlich, daß es die Zementbreite im apikalen Wurzelanteil des parodontal Insuffizienten ist, welche durch ihre starke Ausprägung die unterschiedliche durchschnittliche Zementbreite in den beiden Gruppen hervorruft. Im cervikalen Wurzeldrittel sind dagegen Unterschiede wenig ausgeprägt.

In höherem Alter läßt im parodontal insuffizienten Gebiß die Zementapposition nach, während sie im parodontal resistenten Gebiß mit gleichbleibender Intensität fortwirkt.

Dadurch kommt es im Altersbereich über 65 Jahren zu einem Überwiegen der Zementbreiten parodontal resistenter Gebisse.

Unseren Ergebnissen zufolge reagiert also das Zement als einziges parodontales Gewebe im insuffizienten Gebiß mit verstärktem Anbau. Offenbar sind die Zementoblasten des Periodonts trotz Insuffizienz des Parodontiums noch zu anabiotischen Reaktionen fähig.

Wahrscheinlich kommen für die verstärkte Zementapposition im insuffizienten Gebiß dieselben Faktoren ätiologisch in Frage, die schon im vorangegangenen Abschnitt bei der Frage nach dem Zustandekommen der starken Zementbreite bei der progressiven marginalen Parodontitis diskutiert worden sind.

E. Zu den Pulpabreiten der Frontzähne

Um ein Maß für die Sekundärdentinapposition zu bekommen, wurden die Pulpabreiten gemessen. Die Sekundärdentinbreite ist umgekehrt proportional der durchschnittlichen Pulpabreite. Die Sekundärdentinbreite spiegelt die Intensität der Sekundärdentinapposition.

Aus den Diagrammen der durchschnittlichen Pulpabreiten der Frontzähne geht hervor, daß die Sekundärdentinapposition während des ganzen Lebens fortdauert und daß somit das Pulpenlumen fortlaufend eingeengt wird. Voraussetzung dazu ist selbstverständlich eine lebende Pulpa. Im Endodont wie im Parodont finden also unter physiologischen Umständen fortwährend Zahnhartsubstanz-Appositionen statt; im Parodont wird das Zement angelagert, im Endodont das Sekundärdentin.

Ziel der Messungen der durchschnittlichen Pulpenbreiten ist es, Auskunft darüber zu erhalten, ob die Sekundärdentinapposition durch parodontale Erkrankungen beeinflußt wird.

Um die Meßwerte von Pulpen aus gesunden und parodontal erkrankten Gebissen vergleichen zu können, wurde die Verschiedenheit in der Pulpengröße der einzelnen Frontzahnarten rechnerisch aufgehoben.

F. Zu den Pulpabreiten in gesunden und in parodontal erkrankten Gebissen

a) Zum Vergleich der Pulpabreiten bei Gebissen mit progressiver marginaler Parodontitis mit denen bei parodontal gesunden Gebissen

Angesichts der phylogenetischen und ontogenetischen Einheit von Parodont und Zahn (S. GRÄFF (17)) vermutete man, daß bei einer Erkrankung des Parodonts auch das Endodont nicht unberührt bleibt. Schließlich geschieht auch die Ernährung des Endodonts über das Parodont.

Als Maß für die Reaktionsfähigkeit der Pulpa wurde die Intensität der Sekundärdentinapposition genommen, sie ist an der Breite des abgelagerten Sekundärdentins ablesbar. Die Ergebnisse der vergleichenden Messungen zeigen, daß bei Bestehen einer progressiven marginalen Parodontitis die Pulpa über alle Altersgruppen hinweg breiter ist als beim parodontal Gesunden.

Die Sekundärdentinapposition ist bei Bestehen einer progressiven marginalen Parodontitis verringert.

b) Zu den Pulpabreiten des parodontal resistenten und des parodontal insuffizienten Gebisses

Man ging hier von der Frage aus, wie sich die Pulpa bei Insuffizienz bzw. Resistenz des Parodontiums verhält. Wieder wurde die Sekundärdentinapposition als Indikator genommen.

Die Ergebnisse zeigen, daß die Sekundärdentinapposition bei parodontaler Insuffizienz geringer ist als bei Resistenz des Parodonts.

Auch hier ist offenbar das gesamte "Odonton" (S. GRÄFF) von der Insuffizienz betroffen: Es ist anzunehmen, daß eine parodontale Insuffizienz zugleich auch eine endodontale Insuffizienz ist.

Dieser Umstand könnte für Prognose und Therapie in der konservierenden Zahnheilkunde von Bedeutung sein.

VI. Zusammenfassung

Untersucht wurden:

A . Die Breitenunterschiede am Wurzelzementmantel der Frontzähne.

B . Die Zementbreiten der Frontzähne.

C . Die Abhängigkeit der Breite des Wurzelzementes und der Pulpabreite von der Zahngröße.

D . Die Wurzelzementbreiten in gesunden und parodontal erkrankten Gebissen.

E . Die Pulpabreiten der Frontzähne.

F . Die Pulpabreiten in gesunden und parodontal erkrankten Gebissen.

Als Material dienten 77 Frontzähne von 41 Individuen, die vor der Extraktion eingehend auf ihren parodontalen Zustand untersucht worden sind.

Es ist eine einfache Methode angegeben, um an unentkalkten Zähnen zu Serienschnitten zu kommen.

Ergebnisse:
Tabellarisch und graphisch sind die gesamten Meßergebnisse aufgeführt. Die Zementbreite schwankt zwischen minimal 40 µ und maximal 900 µ. Ein typischer Fall wird mit den absoluten Breiten seines Zementmantels geschildert.

ad A. Die Zementbreitenverteilung mesial und distal an der Zahnwurzel:

1. Die mesiale und die distale Seite des Wurzelzementmantels ist in 84 % der Fälle breiter als dessen orale und vestibuläre Seite. Nach dem Zeichentest ist dieser Unterschied signifikant.

2. Das mesial gelegene Zement, gemessen entlang der gesamten Zahnwurzel, ist in 70 % der Fälle breiter als das ebenso gemessene distale Zement. Der Unterschied ist statistisch gesichert.

3. Im cervikalen Wurzeldrittel ist in 64 % der Fälle das mesiale Zement breiter als das distale. Der Unterschied ist bei 1 % Irrtumswahrscheinlichkeit gesichert.

   Im apikalen Wurzeldrittel sind beide Seiten des Zementmantels etwa gleich häufig stärker ausgebildet.

Es wird angenommen, daß die Mesialwanderung der Zähne für die stärkere Ausbildung des Wurzelzementmantels in mesio-distaler Richtung und insbesondere der mesialen Seite des Zementmantels ätiologisch in Frage kommt.

Die Zementbreitenverteilung oral und vestibulär an der Zahnwurzel:

4. Obere Frontzähne:
   Apikales Wurzeldrittel: In 84 % der Fälle liegt die größere Wurzelzementbreite oral.
   Cervikales Wurzeldrittel: In 87 % der Fälle liegt die größere Wurzelzementbreite vestibulär.
   Die Unterschiede sind statistisch gesichert.

5. Untere Frontzähne:
   Cervikales Wurzeldrittel: In 79 % der Fälle liegt die größere Wurzelzementbreite vestibulär.
   Der Unterschied ist ebenfalls signifikant.
   Apikales Wurzeldrittel: Annähernd gleichmäßige Zementverteilung.

Auf Grund der Ergebnisse und nach Erörterung der auf die Zahnkrone einwirkenden Kräfte kann angenommen werden, daß Druckerschütterungen einer Zementapposition förderlicher sind als Zugerschütterungen.

6. Die Zementbreitendifferenzen sind im apikalen Wurzeldrittel stärker ausgeprägt als im cervikalen.

7. Die Zementbreitendifferenzen im apikalen Wurzeldrittel sind in oral-vestibulärer Richtung größer als in mesio-distaler Richtung. Kleine

Zähne besitzen in der Regel eine geringere Zementbreitendifferenz als große.

Es wird angenommen, daß die Größe der Zementbreitendifferenzen von der Größe der Exkursionen des apikalen Wurzelendes während der Funktion abhängt.

ad B. 1. Die Zementbreite jeder Frontzahnart wächst mit zunehmendem Alter, d.h., die Zementapposition ist kontinuierlich.

2. Die Zementbreiten der verschiedenen Frontzähne sind verschieden; obere Canini haben das breiteste,untere Incisivi das schmalste Wurzelzement.

ad C. 1. Wurzelzement- und Pulpabreite sind von der Zahngröße abhängig. Große Zähne haben normalerweise gegenüber kleinen Zähnen aus demselben Gebiß eine größere durchschnittliche Zement- und Pulpabreite.

2. Die durch verschiedene Zahngrößen bedingten Breitenunterschiede von Zement und Pulpa unter den einzelnen Frontzahnarten können rechnerisch ausgeschaltet werden, was für Vergleiche von Zement- und Pulpabreite unter verschiedenen Frontzahnarten von Bedeutung ist.

3. Die Werte für die durchschnittliche Wurzelzementbreite und die durchschnittliche Pulpabreite, sowie die Daten für die Zahngröße, wie Zahnlänge, Wurzeloberfläche, verändern sich von Frontzahnart zu Frontzahnart in auffallend ähnlicher Weise.

Es ist anzunehmen, daß Zahngröße, Pulpabreite und Breite des Wurzelzementmantels anlagegebunden in einem bestimmten konstanten Verhältnis zueinander stehen, das dann während der Funktion in gewissen Grenzen verändert werden kann.

ad D. 1. Bei Bestehen einer progressiven marginalen Parodontitis ist die durchschnittliche Wurzelzementbreite größer als beim parodontal Gesunden.

2. Das Zement des apikalen Wurzeldrittels ist bei Bestehen einer progressiven marginalen Parodontitis etwa 1,25 mal breiter als beim parodontal Gesunden, während im cervikalen Wurzeldrittel Unterschiede nur wenig ausgeprägt sind.

3. In höherem Alter läßt die Zementapposition bei einem an progressiver marginaler Parodontitis Erkrankten nach, während sie beim parodontal Gesunden kontinuierlich weiterwirkt. Dadurch kommt es im Altersbereich um 70 Jahre zu einem Überwiegen der Wurzelzementbreiten des parodontal Gesunden gegenüber den Wurzelzementbreiten des an progressiver marginaler Parodontitis Erkrankten.

Für diese Verhältnisse wird ein Mechanismus verantwortlich gemacht, der bei Verlust parodontaler Fasern über eine stärkere Zahnbeweglichkeit zu verstärkten Erschütterungen des Keimgewebes und damit zu einer intensiveren Zementapposition führt, welche dann neu gebildeten Sharpey'schen Fasern eine Insertionsmöglichkeit am Zahn geben kann.

Das Nachlassen der Zementapposition in höherem Alter wird mit der dann bestehenden Mesenchymschwäche in Zusammenhang gebracht.

4. Beim parodontal insuffizienten Gebiß ist die durchschnittliche Wurzelzementbreite größer als beim parodontal resistenten Gebiß. Beim parodontal insuffizienten Gebiß, verglichen mit dem parodontal resistenten Gebiß, liegen in Bezug auf die Wurzelzementbreiten dieselben Verhältnisse vor, wie sie für Gebisse mit progressiver marginaler Parodontitis im Vergleich mit parodontal Gesunden unter 1. bis 3. dargelegt sind.

Nach diesen Befunden reagiert also das Zement als einziges parodontales Gewebe bei parodontaler Insuffizienz vorwiegend mit Anbauprozessen.

ad E. 1. Mit zunehmendem Alter nimmt die durchschnittliche Pulpabreite ab. Da die Pulpabreite der Sekundärdentinbreite umgekehrt proportional ist, nimmt die durchschnittliche Sekundärdentinbreite mit wachsendem Alter zu. Die Sekundärdentinapposition ist bei lebender Pulpa kontinuierlich.

ad F. 1. Bei Bestehen einer progressiven marginalen Parodontitis ist die durchschnittliche Pulpabreite größer bzw. die Breite des Sekundärdentins geringer als beim parodontal Gesunden.

Die Intensität der Sekundärdentinapposition, die sich in der Breite des Sekundärdentins spiegelt, ist als Indikator der Reaktionsfähigkeit der Pulpa angesehen worden. Endodont und Parodont reagieren zusammen als organisch-funktionelle Einheit.

2. Im parodontal insuffizienten Gebiß ist die durchschnittliche Pulpabreite größer bzw. die Breite des Sekundärdentins geringer als im parodontal resistenten Gebiß.

Nimmt man wieder die Intensität der Sekundärdentinapposition als Indikator der Reaktionsfähigkeit der Pulpa an, so kann geschlossen werden, daß eine parodontale Insuffizienz zugleich auch eine endodontale Insuffizienz darstellt.

VII. Schrifttum

1. ANTONIOTTI, D., Die Hyperplasie des Zementes bei abgekauten Zähnen. Inaug. Diss., Buenos Aires 1926. Ref.: Dtsch. Monschr. f. Zahnheilkunde, 45, 664, 1927.

2. BAUER, W., Die Appositions- und Resorbtionsvorgänge am Knochen und an den Zähnen. Zschr.f. Stomatologie, 23, 188, 1925.

3. ders., Zum Kapitel Knochen und Zähne im Wechsel ihrer formalen Erscheinungen unter physiologischen und pathologischen Umständen. Eine Antwort an B. Gottlieb. Zschr. f. Stomatologie, 23, 559, 1925.

4. ders., Über traumatische Schädigungen des Zementmantels der Zähne mit einem Beitrag zur Biologie des Zementes. Dtsch. Monschr. f. Zahnheilkunde, 45, 769, 1927.

5. DEMASIO, A.J., Das Zahnwurzelzement bei der Alveolarpyorrhoe. Inaug. Diss., Buenos Aires 1925. Ref.: Dtsch. Monschr. f. Zahnheilkunde, 45, 664, 1927.

6. ESCHLER, J., Die funktionelle Orthopädie des Kausystems. Carl Hanser Verlag, München 1952.

7. EULER, MEYER, Pathohistologie der Zähne. Verlag J.F. Bergmann, München, 1927.

8. FRÖHLICH, E., Untersuchung und Beurteilung des Lückengebisses für prothetische Maßnahmen. Dtsch. Zahnärztl. Zschr., 9, 1733, 1959.

9. ders., Gewebsveränderungen im Lückengebiß bei parodontaler Insuffizienz. Dtsch. Zahnärztl. Zschr., 14, 448, 1959.

10. FRÖHLICH, E., Befunderhebung im parodontal erkrankten Lückengebiß und dessen Beurteilung im Hinblick auf die prothetische Versorgung. Dtsch. Stomatologie, 11, 741, 1961.

11. GEPPERT, E.G., MÜLLER, K.H., Die Wurzelzementapposition als meßbarer Ausdruck der Kaudruckbelastung des Zahnes. Dtsch. Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, 15, 30, 1951.

12. GOTTLIEB, B., Zur Ätiologie und Therapie der Alveolarpyorrhoe. Zschr. f. Stomatologie, 18, 59, 1920.

13. ders., Histologische Befunde an umgelegten Wurzeln. Zschr. f. Stomatologie, 19, 1, 1921.

14. ders., Zementexostosen, Schmelztropfen und Epithelnester. Zschr. f. Stomatologie, 19, 515, 1921.

15. ders., Die diffuse Atrophie des Alveolarknochens. Zschr. f. Stomatologie, 21, 195, 1923.

16. ders., Appositions- und Resorbtionsvorgänge am Knochen und an den Zähnen. Zschr. f. Stomatologie, 23, 375, 1925.

17. GRÄFF, S., Pathologische Anatomie der Zahnheilkunde. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1961.

18. GUSTAFSON, A.G., PERSON, P., The relationship between the direction of Sharpeys fibers and the deposition of cementum. Odont. Tskr. 65, 457, 1957.

19. HÄUPL, K., Gewebsveränderungen im Parodont von Brückenpfeilern. Vjschr. f. Zahnheilkunde, 45, 145 und 606, 1929.

20. HÄUPL, K., BÖTTGER, H., KIRSTEN, H., Zahnärztliche Prothetik, Bd. I. J.A. Barth Verlag, Leipzig, 223-231, 1961.

21. HINRICHSEN, E.L., Vergleichende histologische Untersuchungen von Zement und Periodontalspalt. Inaug. Diss., Kiel 1939.

22. HOFMANN, M., Zahnbeweglichkeit - Bestimmung und Analyse. Dtsch. Zahnärztl. Zschr., 18, 924, 1963.

23. HOFMANN, M., DIEMER, R., Die Pulsation des Zahnes. Dtsch. Zahnärztl. Zschr., 18, 1268, 1963.

24. HÜRZELER, B., ZANDER, H.A., Cementum apposition in periodontally diseased teeth. Helvetia Acta Odontologica, 3, 1, 1959.

25. KELLNER, E., Histologische Befunde an antagonistenlosen Zähnen. Zschr. f. Stomatologie, 26, 271, 1928.

26. ders., Das Verhältnis von Zement und Periodontalbreiten zur funktionellen Beanspruchung der Zähne. Zschr. f. Stomatologie, 29, 44, 1931.

27. KERR, D.A., The cementum, its role in periodontal health and disease. J. of Periodont., 32, 183, 1961.

28. KIRSCH, M., Zementstudien. Stoma, Konstanz, 7, 83, 1954.

29. ders., Die kollagene Fibrille der Zementgrundsubstanz. Stoma, Konstanz, 8, 103, 1955.

30. KRONFELD, R., Zementhyperplasie an nicht funktionierenden Zähnen. Zschr. f. Stomatologie, 25, 1218, 1927.

31. ders., The biologie of cementum. J. Amer. Dent. Ass. 80, 1451, 1938.

32. ders., Histopathologie of the teeth and their surrounding structures. Lea and Febiger, Philadelphia, 1949.

33. LESKIEN, O., Mikroskopische Messungen des Zementes menschlicher Zähne und ihre statistische Auswertung. Dtsch. Zahnärztl. Zschr. 4, 869, 1949.

34. MÄRTTERER, H.D., Kontrolluntersuchungen über abnehmbare Teilprothesen.
Inaug. Diss., Tübingen, 1961.

35. MAYER, E., Das Verhältnis von Zement, Alveole und Alveolarknochen bei gestörter mechanisch funktioneller Belastung.
Dtsch. Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, 3, 838, 1936.

36. MÜLLER, O., Pathohistologie der Mundhöhle unter besonderer Berücksichtigung der Pathohistologie der Pulpa und des Parodontium.
Benno Schwabe Verlag, Basel, 1948.

37. MURAKI, Y., Comparative-anatomical studies on the cementum of the mammalian teeth.
Acta Anatomica Nippon, 33, 583, 1958.
Ref.: Dtsch. Zschr. f. Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, 38, 308, 1962.

38. ORBAN, B., GOTTLIEB, B., Gewebsveränderungen bei Überbelastung mit besonderer Berücksichtigung von Alter und Konstitution.
Zschr. f. Stomatologie, 29, 370, 1931.

39. PAPE, K., Über das Auftreten von Zementhyperplasien als Symptome lokaler und allgemeiner Erkrankungen.
Med. Diss., Berlin 1957.

40. PRAEGER, W., Studien über das sekundäre Zement bei einem Fall von Parodontalpyorrhoe.
Dtsch. Monschr. f. Zahnheilkunde, 44, 66, 1926.

41. REICHBORN, J., (KJENNERUD) Om cementanalese under fysiologiske og patologiske forhold.
Norsk Tandlaegefor. 46, 341, 1936.

42. ders., Funktionell prothetische Behandlung und Prophylaxe der Zahnlockerung und der Dysgnathien.
Die Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, Bd. IV, 481, 1956.

43. SCHULTE, W., MILLER, W., Druckbelastung des Alveolarfortsatzes durch Zunge und perorale Muskulatur.
Dtsch. Zahnärztl. Zschr. 17, 416, 1962.

44. SCHWARZ, A.M., Die Bewegung belasteter Zähne. Zschr. f. Stomatologie, 26, 40, 1928.

45. STEIN, G., WEINMANN, J., Die physiologische Wanderung der Zähne. Zschr. f. Stomatologie, 23, 733, 1925.

46. WEINBERGER, A., The clinical significance of hypercementosis. Oral. Surg., S. Louis, 7, 79, 1954.

47. ZANDER, H.A., Continuous cementum apposition. J. dent. Res. 37, 10, 1958.

Zum Schluß dieser Arbeit möchte ich Herrn Prof. Dr.Dr. E. FRÖHLICH für die Anregung zu dieser Arbeit danken.

Auch dem Chef der Stomatologischen Abteilung des Hôpital Civil in Reims, Frankreich, Herrn Dr. L. HURET, sei für seine liebenswürdige Unterstützung bei der Sammlung des Untersuchungsmaterials mein Dank ausgesprochen.

Die Beratung in statistischen Fragen hat freundlicherweise Herr Diplom-Volkswirt W. FÖRSTER vom Institut für Wirtschafts- und Sozialstatistik der Universität Tübingen übernommen.

L e b e n s l a u f

Am 9. 9. 1935 wurde ich, Erich Specht, als Sohn des Hauptmanns Kurt-Erich Specht und seiner Frau Gertrud, geb. Pflomm, in Kassel geboren.

In Tübingen habe ich von 1942 bis 1946 die Grundschule und anschließend die Höhere Schule besucht.

1957 legte ich am Humboldt-Gymnasium in Hannover die Reifeprüfung ab.

Von 1958 bis 1963 studierte ich an der Universität Tübingen die Zahnheilkunde. Dank eines Stipendiums der Studienstiftung des deutschen Volkes, der die vorliegende Arbeit gewidmet ist, konnte ich ohne materielle Sorgen meinem Studium nachgehen.

Im Herbst 1963 beendete ich das Studium mit dem Staatsexamen. Anschließend hatte ich auf Einladung des französischen Staates die Möglichkeit, ein halbes Jahr in der Stomatologischen Abteilung des Hôpital Civil in Reims zu arbeiten.